



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

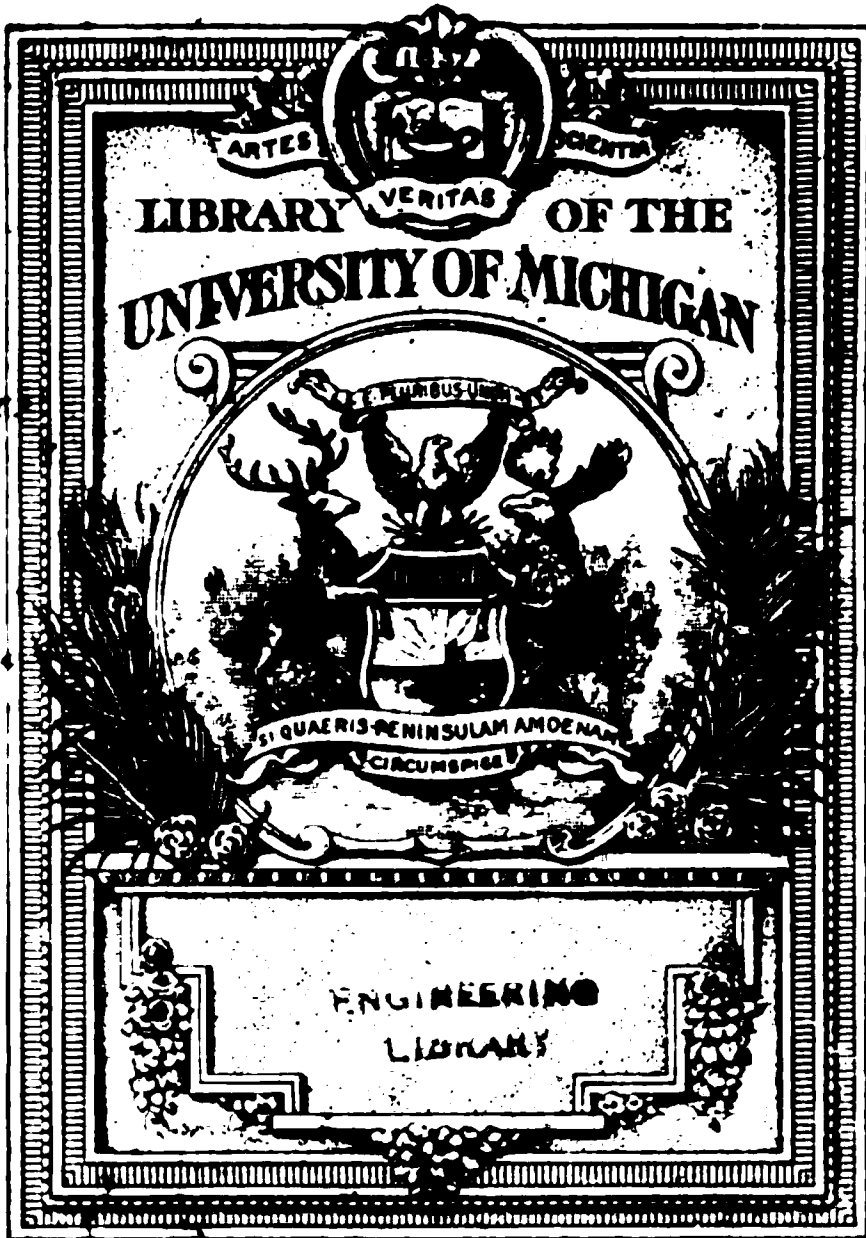
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



TA
2
AC
no. 53
pt. 1

ANNALES
DES
PONTS ET CHAUSSÉES

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

6^e SÉRIE

TOME V

1883

1^{er} SEMESTRE

IMPRIMERIE A. L. GUILLOT

ie des Canettes, 7

ANNALES
DES
PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS
RELATIFS
A L'ART DES CONSTRUCTIONS
ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR
LOIS, DÉCRETS, ARRÊTÉS ET AUTRES ACTES
CONCERNANT
L'ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSÉES

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

6^e SÉRIE
TOME V

1883

1^{er} SEMESTRE

PARIS
DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES
DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, n° 49

ANNALES
DES
PONTS ET CHAUSSÉES

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RELATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS

ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR.

N° 1

NOTE

SUR LA

QUALITÉ DES MATÉRIAUX D'EMPIERREMENT

DE PROVENANCE EXTÉRIEURE, EMPLOYÉS DANS

LE DÉPARTEMENT DE L' AISNE.

Par M. MENCHE DE LOISNE,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Si l'on joint l'extrémité ouest du canton de Neufchâtel. dans la vallée de l'Aisne, à Saint-Simon, dans la vallée de la Somme, on divise le département de l'Aisne en deux parties dont le système géologique diffère comme la clima-

153397

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

ans la région nord, à Vervins, la hauteur moyenne observée est de 0^m,69, et près de 495.

es terrains tertiaires, dont le peu de con-
is, à l'époque quaternaire, l'érosion de
lées.

les terrains secondaires, qui comprennent :
énonienne ;

ervienne : *les Calcaires argileux, la Craie*
Dièves, la Craie glauconneuse, et le
ans les vallées du Thon et de l'Oise en
pont).

nique apparaît dans la traversée de l'Oise,
euvemaison. Les affleurements des bancs
ce calcaire dans la vallée du Thon sont
dépressions perpendiculaires.

t de l'arrondissement de Vervins appartient
la mer du plateau Ardennais.

cette région, les matériaux d'empierrement
; dans les poches de la craie à silex et
d'érosion du Diluvium.

opres à la région sud appartiennent à l'étage
re, calcaire lacustre, calcaire grossier, et
és des vallées sont formés de leurs débris.
uisse géologique des ressources.

es besoins ?

ationales du département de l'Aisne pré-
age 201 kilomètres, et en empierrement

développa l'industrie sucrière, qui exige
transport par tonne de matière ouvrée, et
que toute autre les chaussées, parce qu'elle
mauvaise saison, les chaussées empierrées
d, où sont en majeure partie les fabriques
bouleversées chaque hiver.

Présentement la fabrication du sucre atteint le chiffre de 79 000 tonnes, et le département de l'Aisne va occuper le premier rang dans l'échelle de la fabrication.

L'emploi des matériaux durs qu'ont commencé, dès 1862, les Ingénieurs des Ponts et Chaussées, en introduisant la pierre, dite : Porphyre de Belgique, concassée à la machine, a donc une importance capitale. Aussi, en 1874 et en 1881, pour le renouvellement des baux d'entretien, l'Ingénieur en chef, particulièrement aidé de MM. Damery et Rigaux, a multiplié des recherches dont il peut être utile de rendre compte, puisque les départements du Nord, de l'Oise et de la Somme, pays d'industrie sucrière, se trouvent dans la nécessité d'importer des matériaux.

Les carrières accessibles pour les transports se trouvent, en dehors des roches éruptives de Lessines et de Quenast, dans les terrains Ardennais reliés, à l'ouest, aux canaux du nord par le canal de la Sambre à l'Oise, et à l'est, à la Meuse, et desservis en outre par les lignes de Paris à Erquelines et de Paris à Namur par Givet.

La pierre dite porphyre de Belgique provient des débris de la taille des pavés de Quenast et de Lessines; l'extraction à cette dernière carrière date de 1750. L'introduction de ces matériaux en France paraît dater de 1856, époque où ils ont été signalés à l'attention de M. Kolb, Ingénieur en chef du Nord, et, par suite, de M. Menche de Loisne, Ingénieur de l'arrondissement de Lille, par M. Plichon, qui mit cet Ingénieur en relation avec M. Tacquenier, le principal extracteur de Lessines. Ils ont été employés d'abord, près de Lille, sur les sections du chemin de halage du canal de la Deule, à usage de port, où une circulation écrasante bouleversait chaque hiver la chaussée constituée en gravier de Saint-Omer. Les résultats comparatifs furent excellents, et le porphyre *concassé à la machine* remplaça le gravier dans la région du limon des Flandres.

Les carrières de Lessines et de Quenast sont ouvertes

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

Porphyrites. Cette roche renferme dans une pâte rose, verdâtre ou rougeâtre, de Feldspath Oligo- (à base de soude et de chaux), des paillettes vertes, des grains de Quartz hyalin et des aiguilles d'un vert jaunâtre.

Installé de puissantes machines à concasser ; mais leurs murs de l'Aisne, qui n'usent que du Lessines pour les concassements, à cause de la facilité que donne la cannelure de la Dendre, trouvent avantage à faire effectuer sur les routes le cassage réglementaire à la dimension, 0,06.

On s'explique. On reçoit ainsi moins de plaquettes. Une pierre par tenailles paraît agir défavorablement sur la cohésion moléculaire.

Les terrains de transition Ardennais sont constitués par le Silurien et par le terrain Dévonien. Le terrain le plus accessible est celui du massif de Rocroi. Les principales roches sont les schistes de nature argileuse, qu'elles se divisent facilement en feuillets minces, l'ardoise, et les Quartzites formés d'une silice pure, qui a cheminé par des cavités remplies par du Quartz.

On trouve un gisement considérable de ce Quartzite à Mézières (arrondissement de Mézières). Il est homogène, légèrement grenu, grisâtre et n'est pas altéré par la Limonite, le Fer Magnétique, le Fer Oligiste, souvent souvent dans les terrains de cet étage.

Le terrain Dévonien comprend des Schistes Argileux, des Granwackes, intermédiaires entre le Grès et les poudingues, composés de cailloux roulés, de Quartz, de Quartz et quelquefois de Schistes à gangue ou schisteuse ; l'Arkose, grès formé de gros grains de Quartz, mélangés à des parties Feldspathiques. Enfin, le grès foncé, si répandu dans l'arrondissement d'Aves-

C'est dans les matériaux Siliceux qu'il faut faire des recherches en vue de l'exportation, les autres matériaux étant, *à priori*, dans un état d'infériorité marqué.

Le Grès Dévonien inférieur se trouve en grande masse dans la vallée de la Sambre belge (Thuin, Lobbes, Landelies).

Le Grès Dévonien supérieur de Jeumont, département du Nord, appartient à la variété schistoïde et micacée, dite : Psammite; les carrières viennent de s'ouvrir, et il sera très intéressant d'en suivre l'extraction, car des carrières ne donnent à l'origine que des qualités inférieures. Néanmoins, il est à croire que la pierre de Jeumont sera classée après celles de Monthermé et de Lobbes.

Le Grès Dévonien inférieur, désigné vulgairement sous le nom de Lobbes, est très employé sur les routes nationales des arrondissements de Laon, Saint-Quentin et Vervins.

Les devis d'entretien de 1876 à 1882 contiennent d'utiles clauses restrictives. « *Les pierres de Lobbes de texture caractérisée schistoïde seront refusées, on ne recevra que les pierres grises ou bleues.* » Celles rougeâtres, en effet, n'ont pas de résistance.

Les trois types Porphyrites, Quartzites, Siluriens, Grès Dévoniens, ont été soumis aux expériences voulues par la circulaire du 23 juillet 1878, par voie de comparaison avec les matériaux propres à la région.

Le champ d'expérience a été la route nationale n° 44, immédiatement en deçà du pavé de la traverse de la Fère, dans un pays d'industrie sucrière, à sous-sol d'Argile Glaiseuse presque imperméable, et imprégné de Pyrites et de Lignites; les conditions d'entretien étaient donc très-défavorables et la qualité relative des matériaux devait être mise en évidence.

Les soins les plus minutieux ont été pris par M. l'Ingénieur Damery, pour que les sections expérimentées fussent bien comparables.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

is portèrent sur une suite non interrompue
es laissant entre eux, deux à deux, un inter-
mètres.

s des matériaux employés ont été :

	mc.
Lobbès (Grès Dévonien inférieur). . .	18,000
Lessines (Porphyrite).	17,020
Monthermé (Quartzites Siluriens). . .	20,310
Tourmies (Grès Dévoniens de l'étage t).	17,780
Saint-Michel (Quartzites Dévoniens de e Revin)	20,170
Muzoy (calcaires du groupe des sables tiques, Terrains tertiaires).	19,250
Bachant (Calcaire Dévonien de l'ar- gent d'Avesnes).	19,000

nes ont ainsi varié quelque peu, parce qu'on a
quer au rétablissement du bombement normal
ée. L'épaisseur moyenne des rechargements a
25.

soin, depuis ces rechargements en matériaux
ne faire aucun emploi; on s'est donc borné
is de trois ans à purger la chaussée des détri-
rofiles en travers ont été relevés à l'aide de la
et de deux repères placés sur des bornes soli-
çonnées. Toutes les opérations ont été suivies
is grand soin par M. l'Ingénieur Damery. Les
rofiles ont eu lieu les 18 avril 1879, 8 mars 1880,
31, 12 avril 1882, et ont donné les résultats

DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.	USURE TOTALE			USURE moyenne par an.	Nos D'ORDRE DE PRIORITÉ quant à la résistance à l'usure.
	au bout d'un an.	au bout de 2 ans.	au bout de 3 ans.		
	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	
Pierres de Lobbes.. . . .	0,006	0,009	0,0158	0,0053	1
— Lessines.. . . .	0,012	0,018	0,0245	0,0082	4
— Monthermé.. . . .	0,006	0,011	0,0169	0,0056	2
— Fourmies.. . . .	0,009	0,017	0,0366	0,0122	5
— Saint-Michel.. . . .	0,009	0,018	0,0243	0,0081	3
— Suzoy.. . . .	0,018	0,034	0,0458	0,0153	7
— Bachant.. . . .	0,014	0,027	0,0416	0,0139	6

En tenant compte des cubes respectifs employés, l'usure annuelle par kilomètre et par cent colliers, et par suite les coefficients de qualité ressortent ainsi :

DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.	USURE ANNUELLE PAR KILOMÈTRE et par cent colliers.	COEFFICIENT DE QUALITÉ.
	mc.	
Pierres de Lobbes..	15,180	20
— Monthermé.. . . .	16,230	18
— Saint-Michel.. . . .	23,340	14
— Lessines.. . . .	23,530	14
— Fourmies(carrière de peu de ressources).	35,150	9
— Bachant.. . . .	39,960	8
— Suzoy.. . . .	43,990	7

Mais il y a un autre élément d'appréciation, que j'appellerai le coefficient de réception, et qui tient au plus ou moins de difficultés à appliquer strictement les conditions du cahier des charges; difficulté qui se mesure par la proportion des matériaux refusés. Eu égard à cet ordre d'idées, les Ingénieurs du département de l'Aisne donnent la priorité de qualité aux pierres de Monthermé.

Une autre série d'expériences analogues a été entreprise sur la route nationale n° 2, à la sortie de Soissons, par M. l'Ingénieur Rigaux, et a montré que la qualité d'usage des pierres de Monthermé est sensiblement à celle des

DOCUMENTS.

port de 1 à 2, et au gros
port de 2,50 à 1.

Trocadéro et les coefficients

ite des expériences faites à
rès l'usage réel et continu
rois pouvoir adopter.

MATIÈRES.	POIDS du mètre cube de matériaux cassés.	DENSITÉ spécifique.	USURE en grammes par kilogramme.	RÉSISTANCE à l'écrasement par centim. carré	COEFFICIENT DE RÉSISTANCE CALCULÉ		COEFFICIENT que propose définitivement l'ingénieur en chef de l'Aisne.	PRINCIPALES CARRIÈRES qui fournissent le service des routes nationales de l'Aisne.
					d'après l'usure.	d'après l'écrasement par centimètre carré.		
Quartzites gris du tor- rain Silurien.	1,365	2,01	15,4	2,480	26,0	16,6	20	Massifs de Rocroi : Mon- thérme.
Grès Dévonien infé- rieur.	1,375	2,53	29,0	1,840	13,8	12,3	18	Vallée de la Sambre belge : Thuin, Lobbes, Landolles.
Quartzites noirâtres de l'étage de Revin du terrain Dévonien	1,325	2,72	34,2	1,829	11,7	12,2	14	Nord-est de l'arrondisse- ment de Vervins.
Porphyrites.	1,380	2,05	24,0	1,335	16,7	8,9	14	Lessines (Belgique).
Pierre meulière. (Étage Eocène.)	1,225	2,47	30,7	3,546	13,2	23,6	10	Nombreuses carrières dans l'arrondissement de Château- Thierry.
Gros gravier du Dilu- vium.	1,210	2,47	38,2	3,017	10,5	20,1	8	Carrières dans les vallées de l'Aisne et de ses affluents. Le dépôt est formé en pres- que totalité des diverses roches tertiaires comprises entre la meulière du calcaire siliceux et l'étage des lignites.
Calcaire Dévonien.	1,345	2,68	36,9	1,528	10,8	10,2	8	Arrondissement d'Avesnes.
Calcaire du groupe des sables Nummuliti- ques (terrains Ter- tiaires).	1,250	2,45	60,6	0,970	6,6	4,5	7	Des environs de Noyon (Oise).

RES ET DOCUMENTS.

différences marquées avec les indications des expériences faites au Trocadéro. 1 des routes nationales (page 16) a l'expliquer les anomalies.

avait toujours classé les pierres de de Lessines. Mais généralement les ris, dans les autres départements, rr, dans le mode d'action de la mat qu'il n'en est pas ainsi dans la

xpériences faites au Trocadéro, sur Siliceux des terrains de Transition, et s'explique par la dissemblance de es premiers de ces matériaux tendent s des chocs répétés et doivent ainsi efficient d'usure, le Porphyrite, qui . tend à s'arrondir. La rotation prolativement favorable.

orphyrite offre une grande résistance sez facilement, quand il est en petits a pâte n'est pas homogène.

en pavés qu'en matériaux d'empierre s'applique encore plus à l'Arkôse de la Meuse.

nniques ont leur importance commerciale intérêt à développer l'exploitation.

ont singulièrement aidés dans cette , carte géologique que M. Gosselet re des Travaux Publics.

DOCUMENTS ANNEXES RELATIFS AU PRIX DE REVIENT

Grès Dévonien inférieur de la vallée de la Sambre belge.

	fr. c.
1° Prix du mètre cube brut mis en bateau ou en chemin de fer.	4 80
2° Transport par bateau (prix variable avec la distance, à demander à la Chambre syndicale de la batellerie de Charleroi. — En ce moment 7 francs pour le port de la Fère).	» »
3° Transport par chemin de fer (tarif franco-belge spécial n° 3, — livret Chaix, Nord). . .	» »
4° Cassage à la main.	4 70
5° Nettoyage et emmétrage.	0 80

Quartzites de Monthermé (Ardennes).

1° Prix du mètre cube brut, mis en bateau ou en chemin de fer.	7 00
2° Transport par bateau (fret variable avec la distance. — S'adresser au service de la navigation de l'Aisne et des canaux annexés, à Soissons).	» »
3° Transport par chemin de fer (tarif spécial n° 15 de la Compagnie de l'Est, livret Chaix, tarif spécial commun n° 8 entre les Compagnies du Nord et de l'Est)	» »
4° Cassage à la main.	4 70
5° Nettoyage et emmétrage.	0 80

Porphyrites de Lessines.

1° Prix du mètre cube brut mis en bateau ou en chemin de fer.	4 80
2° Transport par bateau (prix variable avec la distance. — S'adresser aux Chambres syn-	

ES ET DOCUMENTS.

ie à Charleroi et Mons.	
» au port de Bellenglise,	
.	» »
in de fer (tarif spécial	
Nord).	» »
.	4 70
age.	0 80

N° 2

NOTE

SUR

LA JONCTION DES CAISSONS DANS LES FONDATIONS
A L'AIR COMPRIMÉ (*).

Par M. MENGIN, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

De nombreuses questions nous ayant été posées par nos camarades, sur le mode de jonction des caissons qui forment les fondations des deux barrages éclusés du port de Saint-Malo-Saint-Servan, nous avons cru utile d'en donner la description.

Nos fondations ont comporté le fonçage de 32 caissons de 17 à 25 mètres de longueur, qu'il a fallu relier par des jonctions aussi étanches que possible.

En présentant le projet nous avons supposé que ces jonctions seraient réalisées au moyen de pieux en bois battus entre les caissons terminés carrément, comme à l'ordinaire; le sable compris entre ces pieux eût été enlevé par un moyen quelconque, au moyen d'une pompe à sable, par exemple, et remplacé par du béton ou du mortier.

D'après ce que nous savons aujourd'hui, ces moyens eussent probablement été insuffisants et eussent, dans tous les cas, donné des résultats inférieurs à ceux qui ont été obtenus par les procédés dont nous allons parler.

M Conrad Zschokke, qui est devenu, depuis, l'entrepre-

(*) Voir planches 1, figure 1 et 2.

ET DOCUMENTS.

nt eu communication du projet initive, proposa à la Commission chargée de l'examen de ce projet, jonction, en ménageant dans les avités ou rainures à section rectangulaires, de manière à ce qu'après de deux caissons juxtaposés on assemble un puits dans lequel on peut établir un massif de maçonnerie de deux caissons.

videmment préférable à la jonction : d'abord parce que, tout en plus possible, on conservait un espace libre et de travailler à l'aise; en outre, suivant une ligne plusieurs mètres de contact entre les caissons et les parois, on avait évidemment plus de facilités.

es remplir ensuite de maçonnerie, on avait l'emploi d'un petit caisson mobile, qu'on descendrait d'abord pour le vidage, et qu'on remonterait ensuite inverse pour opérer le remplissage. Ce procédé, encore appliqué mais qui paraît susceptible de donner des résultats

é en conséquence et M. Zschokke, chargé des travaux, le 6 mars 1880, se proposait d'appliquer les procédés qu'il avait vu en effet rendu grand service.

PAR ÉPUISEMENT.

nt donc été exécutées au moyen de la plupart, c'est-à-dire pour

toutes celles afférentes au barrage éclusé de Saint-Malo, les puits ont été vidés et remplis de maçonnerie à la marée, par épuisement, parce que la profondeur de fonçage était seulement de 4 à 5 mètres au-dessous du fond du port, lequel découvre pendant un laps de temps de trois à quatre heures dans les vives eaux.

Vingt-deux jonctions ont été exécutées ainsi, dans de bonnes conditions en général, quant au résultat, mais très souvent avec beaucoup de peine, eu égard à la nature du sol (sable argileux très fin), aux sujétions de marée et enfin aux difficultés qu'on éprouvait le plus souvent pour les battages, comme il sera expliqué plus loin.

Bien qu'il y ait beaucoup à dire sur ces jonctions, nous ne nous y étendrons guère, parce que les difficultés qu'on y a rencontrées sont de celles que les Ingénieurs abordent souvent dans les travaux maritimes.

Nous nous contenterons de mentionner un procédé que nous avons employé avec succès dans les derniers temps.

Quand on a fait une fouille par épuisement et qu'une action continue des pompes est nécessaire pour maintenir la fouille à sec, le remplissage en maçonnerie est une opération délicate et difficile, les pompes entretenant un courant qui tend à produire un délavage.

Nous nous sommes bien trouvé du procédé suivant :

Une fois le vidage opéré et le fond nettoyé, on laisse remonter les eaux, et quand il n'y a plus aucun courant on immerge des couches alternatives de mortier de ciment et de pierrailles. Le mortier est immergé au moyen de sacs munis de quatre cordelettes. On affale le sac au fond, la gueule en l'air et, quand il est au fond, on le retourne et on le retire la gueule en bas. Le sac doit être un peu plus large à la gueule qu'au fond, moyennant quoi le mortier s'échappe sous forme de boule et sans presque aucun délavage, quelle que soit la profondeur; les pierrailles, qui ne doivent pas être trop grosses, pour ne pas trop agiter la masse en tom-

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

jetées avec précaution sur toute la surface, en peu près égale au mortier, mais plutôt moindre. On doit être continue, mais si la profondeur est telle qu'il y ait avantage à s'y reprendre à plusieurs reprises, vu que dans l'intervalle, et quand le mortier a sa prise, on se débarrasse avec une pompe des sautes formées à la partie supérieure. Ce procédé est si rapide qu'on ne le croirait au premier abord, mais il peut être très utile, et bien qu'il ne soit pas nouveau, nous avons cru qu'il était bon de le signaler. Il est surtout utile pour remplir des espaces très restreints et irréguliers.

JONCTIONS AVEC CLOCHE MOBILE.

À la suite du barrage éclusé de Saint-Servan, les caissons ont été posés non plus à 5 mètres, mais bien à 9 ou 10 mètres au-dessous du fond du port, et le procédé par lequel, déjà pénible pour 5 mètres, devenait tout à fait impossible. On a donc employé la cloche mobile de Saint-Servan, cinq jonctions ont été faites ainsi et forment le sujet de la présente note. La largeur des caissons était de 6^m,50 et les rainures ménagées au milieu des caissons avaient 3^m,20 de longueur sur 1^m,50 de largeur. L'espacement entre les caissons juxtaposés étant d'environ 10 mètres, les puits avaient une section de 3^m,20 sur 3^m,40. On a mis l'emploi d'une cloche carrée de 2^m,80 de côté, ce qui est à peu près un minimum pour qu'on puisse s'y introduire commodément.

En tenant les conditions du problème, on aperçoit les solutions possibles ou probables.

Il faut que la position relative des caissons juxtaposés soit assez exacte pour que les dimensions effectives des puits ne soient pas notablement réduites et que l'on puisse y pénétrer. En fait, dans nos travaux, la

position des caissons a été généralement exacte, les écarts n'ont presque jamais dépassé $0^m,15$ à $0^m,20$, et la cloche de $2^m,80$ a toujours pu pénétrer dans les puits. Cependant, pour l'une des jonctions on était à la limite ; on se trouvait d'ailleurs entre deux caissons qui, à raison de l'inclinaison du rocher, étaient foncés à des profondeurs différentes, et nous eussions voulu descendre le massif de jonction jusqu'au tranchant du caisson le plus bas, ce que nous n'avons pu faire, parce que la cloche a été arrêtée par le tranchant de l'autre caisson, tranchant qui fait saillie d'environ $0^m,08$ sur la paroi extérieure.

Nous citons ce fait pour montrer par quelles circonstances imprévues on peut se trouver arrêté.

Nous conseillons de plus, si l'on veut faire des jonctions par ce procédé, de veiller à ce que les parois brisées terminant les caissons restent bien planes et qu'on ne rectifie pas leur position pendant le fonçage, afin que la disposition de ces parois à la partie supérieure donne une idée exacte de ce que sont les dimensions du puits sur toute sa hauteur ; autrement on pourrait être exposé à des mécomptes en rencontrant des rétrécissements imprévus.

2° Il faut que le terrain ambiant ne rentre pas dans le puits pendant le fonçage. On y arrivera généralement au moyen de battages sérieux et c'est ce qui a été fait ici. Il faut remarquer que, comme on n'exerce pas de succion, mais au contraire une compression, le problème est infiniment plus facile que dans le procédé par épuisement. Il suffit de garnir très approximativement les ouvertures latérales qui communiquent avec le puits, en s'abstenant le plus possible de lâcher la pression dans la cloche, surtout brusquement.

Nous avons affaire à un terrain de sable argileux très fin, cependant nous n'aurions pas eu de difficulté sans une circonstance qu'il est utile de mentionner.

Pendant le fonçage, pour élever les massifs des caissons,

MOELLONS ET DOCUMENTS.

sur ces massifs, les moellons qu'on jette dans la mer. Dans cette opération beaucoup de moellons, à côté des massifs, pénétraient dans les puits, entraînés dans le fonçage, en sorte qu'il fallait ensuite faire des battages, ils se trouvaient souvent arrêtés bien avant qu'on eût atteint la profondeur nécessaire. Cette circonstance a été la cause de beaucoup de retard pour l'exécution de l'ouvrage, et elle a compliqué aussi celle de la compression. On s'en est tiré de la manière suivante : on faisait un premier battage le plus près possible des parois extérieures, puis on descendait la cloche, sachant que cette cloche était au-dessous de la profondeur où les moellons avaient été arrêtés par des pierres, et aussitôt sous ces pieux un éboulement dans les puits trouvaient souvent entraînés ; on pouvait alors recommencer les pieux à nouveau et les faire pénétrer plus profondément. Dans le cas contraire, on faisait un second battage (on en a même fait jusqu'à trois, et surtout à nettoyer parfaitement les puits).

Si on aura affaire à un terrain compact, par exemple, il n'y aura, de ce chef, aucun retard ; sur les sables ou terrains analogues on a vu ce qu'on l'avons fait, et on réussira en général à éviter d'encombrer soi-même le sous-sol.

On peut rencontrer des couches alternatives de sables et de boues molles ; on pourrait alors, dans certains cas, s'arrêter, et il faudrait recourir à d'autres moyens.

Le remplissage en béton, quand on remonte la cloche, le béton qui passe par-dessous la cloche est lavé et adhère bien aux parois des puits. C'est là, nous le savons, le point qui doit préoccuper

le plus les Ingénieurs, et il y a là en effet une difficulté qui résulte surtout des circonstances suivantes :

Il faut toujours pratiquement envoyer dans les cloches un excès d'air comprimé, lequel doit trouver une issue. Quand les caissons sont plongés dans un terrain quelconque, l'air en excès s'échappe lentement par les interstices des tôles ou par le terrain lui-même, mais on n'aperçoit ordinairement aucun mouvement d'eau et généralement, au moins dans les sables où nous avons opéré, le sol sur lequel on marche dans les chambres de travail, est très sec.

Pour favoriser ce résultat, les ouvriers spéciaux ont l'habitude de calfater la tranche avec un peu de glaise.

Quand, au contraire, la tranche plonge directement dans l'eau, les choses se passent différemment. Pour peu que la quantité d'air en excès soit notable, cet air s'échappe par-dessous la tranche, non pas régulièrement, mais par décharges successives et intermittentes, à raison desquelles le plan d'eau prend un mouvement d'oscillation d'autant plus prononcé que les arrivées d'air sont moins régulières et que, le caisson étant plus petit, la masse d'air, plus faible, est par cela même plus sensible à ces variations. Par suite du mouvement d'oscillation dont nous venons de parler, et si l'on ne prend pas des mesures pour l'arrêter, le béton qui passe sous les tranches tend à se délayer et l'on court le risque d'avoir au centre un bon massif de béton et des pierres délavées tout autour.

Voici les mesures et précautions que l'expérience nous a indiquées :

1° Il faut régler le plus exactement possible la vitesse de la machine de compression, ce qui sera d'autant plus facile que la pression sera moins variable, c'est-à-dire qu'il y aura moins de marée.

2° Il faut disposer sur les parois de la cloche un ou plusieurs robinets qu'on ouvre plus ou moins pour donner

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

es d'air et l'empêcher de s'échapper sous la

riser ce dernier résultat, il est bon, contrairement à ce que nous avions cru d'abord, d'opposer à l'eau une certaine résistance en tenant toute la cloche du caisson de 0^m,20 à 0^m,30 au-dessous du niveau de l'eau, sans quoi il deviendrait impossible de faire refluer le béton sous cette tranche.

Il faut donc que le mouvement d'ascension de la cloche soit continu et suive à peu près exactement le rem-

plir afin que le béton soit très gras et ne prenne pas trop vite, ce à quoi on est exposé dans l'air comprimé chaud. On a d'abord employé du béton de ciment et de mortier pour 5 de cailloux, et le mouvement de la cloche était intermittent. Dans ces conditions, le béton situé au centre, en mamelon, durcissait trop vite et on ne pouvait ensuite le piocher pour l'amener sous les cailloux, arrivant pour ainsi dire un à un, et se désagréger pulvérulent, risquaient beaucoup de se briser. Nous avons alors employé du béton de chaux du genre 100, avec des proportions égales de mortier et de cailloux, le mortier contenant 100 kilogrammes de chaux pour un mètre cube de béton. Ce béton a donné de meilleurs résultats : il ne prend pas vite et on peut le faire refluer sous la tranche en pressant avec le pied ou avec une pelle. Par ces moyens nous sommes arrivés à un résultat satisfaisant, tant du moins que nous avons pu nous en assurer, car la surveillance est difficile.

Un surveillant à poste fixe dans le caisson, souvent, nous, l'Ingénieur et le Conducteur ; mais il faut qu'il y a mis la meilleure volonté et, malgré cela, il est difficile de répondre qu'aucune des précautions n'ait jamais été négligée par les ouvriers pendant ce travail pénible. Il y a là une difficulté

inhérente à la nature des choses et qu'il ne faut pas se dissimuler. Ajoutons cependant que, pour un travail accessoire exécuté en régie, nous avons eu occasion de creuser après coup à 5 mètres de profondeur à côté d'un puits, que nous avons ainsi mis à nu la face du béton sur cette hauteur, et que ce béton, qui avait cependant passé sous la tranche, a été trouvé bien pris et tenant bien l'eau. Nous en tirons bon augure pour les autres jonctions.

En ce qui concerne l'adhérence du béton contre les parois en tôle, elle est évidemment moins bonne que si l'on avait des parois en maçonnerie, mais on peut l'améliorer en s'abstenant de peindre les tôles, précaution indiquée par M. Zschokke.

Nous avons la confiance que nos jonctions donneront un résultat suffisant, eu égard d'ailleurs aux autres conditions de nos barrages : épaisseur des remblais, etc.

L'avenir prononcera à ce sujet.

Il s'agit enfin d'un premier essai ; nul doute que ce procédé ne soit susceptible d'être amélioré ; mais, dès à présent, et tel qu'il a été appliqué ici, il nous paraît susceptible de donner des résultats avantageux dans bien des cas, et c'est pourquoi nous avons cru utile de le faire connaître.

Saint-Malo, le 25 août 1882.

N° 3

CUL ET TRACÉ DES PANNEAUX DES VOUTES BIAISES

Par M. D. PORTET, Ingénieur civil.

Je propose de décrire une méthode permettant d'obtenir facilement les panneaux des voussoirs d'une voûte dont les principaux éléments ont été arrêtés dans un plan.

On ne s'occupe que des appareils ayant leurs lits réglés par des droites parallèles aux têtes.

Relations entre les angles des voussoirs. — Imaginons une voûte cylindrique biaise, ayant ses génératrices de base horizontales, dont chaque lit soit engendré par une droite qui reste toujours normale à la courbe de tête AC et à son plan, pendant le déplacement de AC sur la courbe de tête.

Soit la projection AA' de AC sur un plan horizontal (fig. 3), puis le joint de tête CM et les tangentes CD, à la courbe de tête, à la section droite et au joint du lit de la douelle.

Soient par :

α l'angle du biais de la voûte (c'est l'angle aigu des

lits du joint de tête avec AA',

β l'angle de la tangente au joint de douelle avec les génératrices de la douelle,

γ l'angle des tangentes aux courbes de tête et de section

T l'angle dièdre de la tête et du plan tangent à la douelle,

L l'angle du panneau de lit (angle du joint de tête avec la tangente au joint de douelle),

D l'angle dièdre de la tête et du plan tangent au lit.

Le plan tangent à la douelle C contient les trois tangentes CD, CE, CH, et coupe le plan horizontal suivant la droite DEH, qui fait avec AA' l'angle B ; de plus

l'angle CHD est l'angle H,

l'angle ECD est l'angle S,

l'angle MCH est l'angle L.

Élevons au point C une perpendiculaire CL à CD dans le plan tangent, l'angle MCL sera l'angle T.

Enfin du point H abaissons deux perpendiculaires, l'une HO sur CM, l'autre HN sur CL, l'angle OHN sera l'un des deux angles que font les plans de lit et de tête. En effet, l'un des côtés de l'angle, HO, est dans le plan du lit perpendiculaire à l'intersection CM des deux plans, et l'autre, HN, est parallèle à CD, qui est dans le plan de tête perpendiculaire à CM. On voit du reste que OHN est l'angle du lit avec la tête du voussoir situé à droite de CM, c'est-à-dire qu'il est le supplément de l'angle D.

Nous allons maintenant établir les relations algébriques qui existent entre les différents angles que nous avons construits dans l'espace.

Dans le triangle CDE on a $\sin S = \frac{ED}{CD}$. Si on abaisse la perpendiculaire CG sur AA' et qu'on joigne GE, cette ligne sera perpendiculaire à ED, d'où $ED = GD \cos B$ et par suite,

$$\sin S = \frac{GD}{CD} \cos B,$$

$$\sin S = \sin I \cos B. \quad (1)$$

Dans le triangle CML l'angle en M est droit, parce que

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

Intersection du plan horizontal et du plan, CML
perpendiculaires au plan de tête ; on a donc :

$$\begin{aligned}\cos T &= \frac{CM}{CL}, \\ \cos T &= \frac{\cot I}{\cot S}.\end{aligned}\tag{2}$$

triangle COH on a :

$$\begin{aligned}\cos L &= \frac{CO}{CH} = \frac{\cos (S - H)}{\cos T} \cos T, \\ \cos L &= \cos (S - H) \cos T.\end{aligned}\tag{3}$$

Le triangle OHN l'angle N est droit, parce que la
est comme sa parallèle CD perpendiculaire au
et, par suite, à toute droite ON située dans ce
aura donc,

$$\begin{aligned}\cot D &= \frac{HN}{ON} = \frac{HC \sin (S - H)}{NC \sin T} = \frac{\sin (S - H)}{\cos (S - H) \sin T}, \\ \cot D &= - \frac{\tan (S - H)}{\sin T}.\end{aligned}\tag{4}$$

Construction graphique des angles des voussoirs. —
Les équations que nous avons obtenues s'appliquent
appareils de ponts biais, dont les lits sont engendrés
des droites qui se meuvent dans des plans parallèles,
en restant normales aux sections que ces
avec la douelle.

s'appliquent donc, notamment, à l'appareil ortho-
l'appareil hélicoïdal, quelle que soit du reste la
leur courbe de tête. On remarquera qu'elles se
beaucoup dans le cas de l'appareil orthogonal,
H étant toujours égal à S, l'angle L devient égal à
et l'angle D devient droit.

et, au moyen des équations qui précèdent, calcu-

ler les angles des voussoirs S, T, L, D, quand on connaît les angles B, H, I; mais il est plus commode de les obtenir par les constructions graphiques qui s'en déduisent et que nous allons décrire.

Faisons passer par un point A les lignes AC, AN, AY (*fig. 7*), formant entre elles des angles consécutifs égaux à B et H, puis menons AB et AX perpendiculaires à AN et AY.

Du point A comme centre décrivons deux circonférences BCN, DFE, l'une de rayon AB arbitraire, l'autre de rayon AD tel que

$$AD = AB \cos B;$$

traçons un rayon AF' de la petite, faisant avec AB l'angle I, menons F'FG parallèle à AB, l'angle GAB sera égal à S, car on aura :

$$\sin GAB = \frac{AF'}{AB} = \frac{AF'}{AD} \times \frac{AD}{AB} = \sin I \cos B.$$

Projetons le point F en H sur AG par une parallèle à AN, et prenons sur la circonférence BCN un point K situé à une distance KL = AH du diamètre AY, l'angle KAX sera l'angle T; en effet on aura :

$$\cos KAX = \frac{AH}{AG} = \frac{F'F}{F'G} = \frac{\cot I}{\cot S}.$$

Projetons le point H en I sur la circonférence BCN par une parallèle à AY, l'angle IAX sera l'angle L, car on aura :

$$\cos IAX = \frac{AH \cos (S - H)}{AG} = \cos (S - H) \cos T.$$

Traçons PQ, tangente à la circonférence BCN, au point P, où elle rencontre le rayon AX, elle coupera la ligne AG en Q. On porte PQ en LM perpendiculairement à AY, à gauche ou à droite de ce rayon, suivant que PQ est lui-même à droite ou à gauche de AX; l'angle MAX sera l'angle D, car on aura :

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

$$- \cot \text{MAX} = \frac{\text{PQ}}{\text{AL}} = \frac{\text{PQ AP}}{\text{AP AL}} = \frac{\text{tg}(\text{S} - \text{II})}{\sin \text{T}},$$

s de courbure. — Pour compléter les indications à la construction des panneaux, nous donnerons des formules algébriques qui existent entre les rayons de courbure suivants :

Rayon de courbure de la courbe de tête	ρ ,
— de sa transformée	ρ_{T} ,
— de la section droite	ρ_{D} ,
— de la courbe de lit	ρ_{H} .

Le rayon de courbure au point C de la courbe de tête se trouve à l'intersection m de la normale CM et d'une normale voisine cm ; le centre de courbure au même point de cette courbe transformée par le développement de la douelle sur son plan tangent, se trouvera à l'intersection CL et d'une normale infiniment voisine cl ; or le plan des deux normales cm , cl est perpendiculaire au plan de section droite; puisqu'il est perpendiculaire à CD, il coupera donc la courbe de lit AL suivant une ligne ml perpendiculaire au plan de section droite par suite parallèle à ML; d'où il résulte que les rayons de courbure Cl et Cm sont proportionnels aux lignes CD et CM, c'est-à-dire que

$$\frac{\rho_{\text{T}}}{\rho} = \sec \text{T}. \quad (5)$$

On prendra par Cd, Ce les éléments de la courbe de tête de la section droite compris entre deux génératrices de la douelle infiniment voisines CC' et ed, et par eC' la portion de douelle passant par e et comprise entre les deux génératrices.

Le rayon de l'élément de cette dernière courbe, autrement dit l'osculateur, coupera le plan tangent suivant C'E' et la courbe en C', il coupera le plan de section

droite suivant eE' perpendiculaire au plan tangent et par suite à CE' et $C'E'$; abaissons la perpendiculaire dD' sur CD , nous aurons :

$$\rho = \frac{(Cd)^2}{2dD'} \quad \rho_D = \frac{(Ce)^2}{2eE'} \quad \rho_H = \frac{(C'e)^2}{2eE'},$$

d'où

$$\frac{\rho_D}{\rho} = \left(\frac{CE}{CD}\right)^2 \frac{dD'}{eE'} \quad \frac{\rho_H}{\rho} = \left(\frac{CH}{CE}\right)^2.$$

Pour trouver le rapport des deux longueurs infiniment petites dD' et eE' , abaissons la perpendiculaire dD'' sur le plan tangent, elle sera égale et parallèle à eE' , le plan $dD'D''$ sera perpendiculaire à CD , et son angle D' sera l'angle T ; ce triangle est donc semblable au triangle CML , et l'on peut écrire :

$$\frac{dD'}{eE'} = \frac{dD'}{dD''} = \frac{CL}{ML} = \frac{CL}{DL \sin B} = \frac{CE}{CD} \times \frac{1}{\sin B};$$

on tire de là :

$$\frac{\rho_D}{\rho} = \frac{\cos^3 S}{\sin B} \quad (6) \quad \frac{\rho_H}{\rho} = \frac{1}{\sin^2 H} \quad (7)$$

Application à un exemple. — Nous avons représenté dans les figures 4, 5, 6, l'élévation, le plan et le développement de la douelle d'une voûte à arc de tête demi-circulaire, appareillée en hélice. Nous allons appliquer à la construction des voussoirs le procédé graphique que nous avons décrit.

Les données sont les suivantes :

Rayon de l'arc de tête	$a = 5^m,00,$
Nombre des voussoirs d'une tête	$n = 55,$
Angle du biais	$B = 55^0 7' 48'',$
Largeur de la voûte entre têtes	$l = 5^m,22.$

On commence par calculer la longueur as de la demi-ellipse de section droite au moyen de la formule connue,

$$\left[1 - \left(\frac{1}{2} \cos B \right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.3}{2.4} \cos^2 B \right)^2 - \frac{1}{5} \left(\frac{1.3.5}{2.4.6} \cos^3 B \right)^2 - \text{etc.} \right]$$

me :

$$2s = 14^m, 180.$$

alcule ensuite le biais du pont ac et la longueur g génératrice de douelle,

$$2c = 2a \cos B = 6^m, 000.$$

$$g = l \cos \sec B = 6, 525.$$

on détermine la valeur de l'angle hélicoïdal qui, entre conditions, doit être tel qu'il projette un nombre en- de voussoirs de tête sur chaque pile, en prenant

$$n' = 5,$$

ig. 6)

$$\operatorname{tg} H = \frac{XY}{AY} = \frac{\frac{n'}{n} 2s}{g - \frac{n'}{n} 2c} = 0.3574,$$

$$H = 19^{\circ} 40' 0''.$$

aisseur e des panneaux de douelle est donnée par la

$$e = \frac{g \sin H}{n'} = 0, 4393.$$

g. 7 représente l'épure donnant les angles S, T, L, D , its comme nous l'avons indiqué, pour les joints noitié de la tête, ce qui suffit, parce que les angles rapportent aux joints de l'autre moitié leur sont u supplémentaires.

ent au moyen de cette épure obtenir les panneaux sssoirs.

ord les panneaux de douelle: traçons une ligne ZZ' e à AY et située à une distance de celle-ci égale à e , ble des lignes AY, ZZ' et des bissectrices AG' des

lignes AG prises consécutivement deux à deux, représentera en vraie grandeur tous les panneaux de douelle, sauf la substitution restant à faire des arcs aux cordes AG'. Cette substitution sera facile du reste, car il est aisé de reconnaître que la flèche de chaque arc sera sensiblement égale au $\frac{1}{8}$ de la distance du point Q à un de ses voisins immédiats.

Pour les panneaux de lit, comme nous connaissons l'angle D, il nous reste à déterminer la courbure du joint de douelle, ou simplement l'ordonnée de son dernier élément par rapport à son premier élément prolongé; cette distance f s'obtient en fonction du rayon de courbure ρ_H et de la longueur d du joint de douelle, par la formule

$f = \frac{d^2}{2\rho_H}$, qui devient

$$f = \frac{\sin^2 H \sin B}{2a} \times \frac{d^2}{\cos^3 S} = 0,00906 \frac{d^2}{\cos^3 S}.$$

Anduze (Gard), 1^{er} juillet 1882.

N° 4

ÉTUDE

SUR

CE DES IRRIGATIONS

SUR

UNE D'UNE NAPPE SOUTERRAINE

DES IRRIGATIONS PRATIQUÉES A GENNEVILLIERS.

Par M. L. DE LAUNAY, ancien élève de l'École Polytechnique
et ingénieur auxiliaire des Travaux de l'État.

On ne nous occupera pas des irrigations par le moyen des eaux d'égout de la ville de Paris, ni de l'influence attribuée au niveau de la nappe souterraine, il nous faut en tirer des résultats auxquels nous pourrions présenter quelque intérêt, eu égard au sujet et au petit nombre des documents sur la question. La ville de Paris s'est occupée pendant plusieurs années dans une série d'expériences de diverses natures attribuées à la plaine de Gennevilliers; procès dans lesquels les habitants ont demandé des indemnités. D'autre part, de nombreux et importants travaux ont été faits aujourd'hui à l'étude, et les circonstances qui ont produit à Gennevilliers se pré-

senteront très probablement dans plusieurs localités placées dans des conditions analogues. Bien qu'il soit fort difficile, comme nous le montrerons plus loin, de déterminer d'une manière exacte la part incombant aux irrigations dans la surélévation d'une nappe souterraine, il peut néanmoins être utile d'établir certaines bases bien précises, susceptibles d'éclairer la pratique ou la réglementation des arrosages, et de guider, en cas de procès, les experts chargés d'apprécier les réclamations produites.

Il arrive même souvent, ainsi que cela a eu lieu à Gennevilliers, que l'application de la théorie, tout incomplète qu'elle soit, suffise pour amener l'expert à des conclusions parfaitement nettes, et hâter la solution d'affaires litigieuses d'une nature spéciale et fort complexe, où l'esprit se trouve aisément induit en erreur par de fausses apparences.

Nous diviserons notre étude en trois parties :

1° La théorie mathématique de quelques cas particuliers du mouvement des eaux à travers un sol perméable ;

2° L'application de cette théorie à quelques exemples tirés de la pratique des irrigations à Gennevilliers ;

3° La comparaison des conséquences de cette application avec les faits observés.

CHAPITRE PREMIER.

THÉORIE MATHÉMATIQUE DE QUELQUES CAS DU MOUVEMENT DES EAUX A TRAVERS UN SOL PERMÉABLE.

Nous supposerons qu'une masse d'eau de hauteur connue soit déversée sur une superficie déterminée d'un sol perméable et nous étudierons :

1° Le mouvement vertical de filtration de cette masse à travers le sol ;

NÉMOIRES ET DOCUMENTS.

mouvement de cette masse à partir du moment est arrêtée dans sa descente par une surface imperméablement horizontale.

1° *Mouvement vertical.*

Formules générales du mouvement de l'eau à travers perméable ont été données par M. l'Inspecteur général Dupuit, dans son ouvrage intitulé : « *Études théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux,* » n. Il suffira de rappeler ici cette formule.

i , le sinus de l'angle formé avec l'horizontale par le liquide;

u , vitesse d'une molécule;

μ , coefficient qui dépend de la nature du sol filtrant.

pour le mouvement uniforme, comme pour le mouvement varié, une relation unique qui est la suivante :

$$i = \mu u.$$

La valeur de μ , calculée par M. Dupuit, pour le filtre de sable étudié par M. l'Inspecteur général Darcy, dans son ouvrage sur *les fontaines de Dijon*, est égale à 1266.

La relation (1) s'applique sans modification au mouvement vertical de l'eau à travers le sol perméable; il suffit

de prendre $i = 1$, et on en tire $u = \frac{1}{\mu}$, pour la vitesse commune

à toutes les molécules.

Pour $\mu = 1266$, on a : $u = 0^m,0008$.

Connaissant l'épaisseur e du sol filtrant, on aura le temps employé par la masse liquide pour atteindre la surface imperméable par la formule connue :

$$\theta = \frac{e}{u}.$$

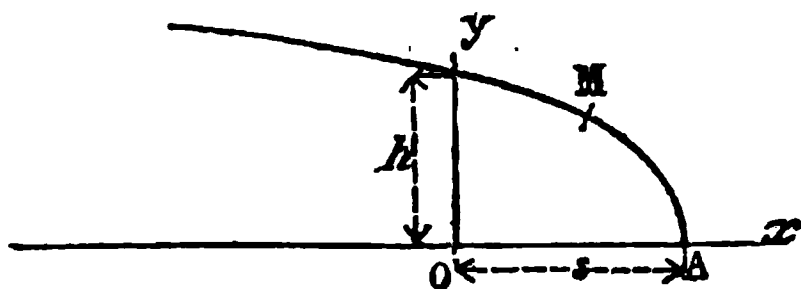
2° Mouvement parabolique.

M. l'Inspecteur général Dupuit a démontré que dans le cas où la déclivité du sous-sol est nulle ou très faible, l'équation générale du profil d'une masse liquide en mouvement se réduit à celle d'une parabole. Il est facile d'arriver directement au même résultat.

Soient : h , la hauteur occupée dans le sol par la masse liquide, en un point choisi comme origine des coordonnées ;

m , le rapport des vides aux pleins dans le sol considéré ;

q , le débit par unité de largeur de la couche filtrante.



En un point quelconque M du profil d'une section verticale faite dans la masse liquide, on a les relations :

$$q = myu, \quad -\frac{dy}{dx} = \mu u,$$

à cause de la petitesse de l'angle de la vitesse u avec l'horizontale ;

d'où, en éliminant u :

$$-ydy = \frac{\mu}{m} qdx,$$

et en intégrant entre o et x :

$$(2) \quad h^2 - y^2 = \frac{2\mu q}{m} x,$$

équation d'une parabole dont l'axe coïncide avec l'axe des x , et dont le sommet a pour abscisse :

$$OA = s = \frac{m}{2\mu q} h^2.$$

peut aussi écrire l'équation (2) sous la forme :

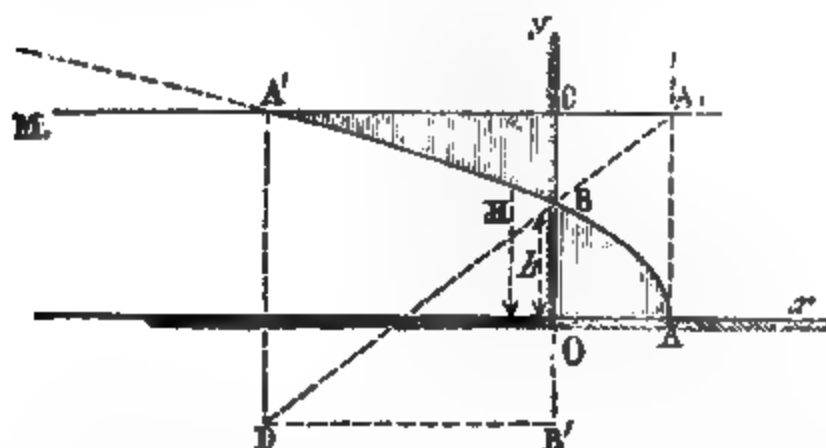
$$h^2 - y^2 = \frac{h^2}{x},$$

met en évidence les deux paramètres h et s , dont il d'étudier les variations en fonction du temps.

us considérerons, dans cette étude, deux cas qui
spondent à deux phases distinctes du mouvement.

la première, la masse liquide se répand en dedans du périmètre arrosé, de manière que le sommet va de plus en plus dans le sens des x positifs, tandis que la branche positive de la parabole vient rencontrer le sommet initial à des distances constamment croissantes dans le sens des x négatifs. Le même fait se produit à l'extrémité opposée de la section verticale considérée, de sorte que les deux branches positives des deux paraboles marchent à la rencontre l'une de l'autre.

partir du moment où ces deux branches se sont rencontrées, la masse tout entière continue à s'étaler mais en variant constamment de hauteur en chaque point. Le point d'intersection des deux paraboles se déplace sur une cale, située, si le terrain a partout une composition homogène, au milieu de la section verticale considérée.



Première phase.— Soit Oy , une verticale passant par l'origine du terrain arrosé, $OC = H$ la hauteur initiale

occupée par la masse liquide, A'BA l'arc de parabole qui termine le profil de cette masse. Les axes étant choisis comme l'indique la figure, et h et s conservant la signification de l'équation (3), on obtiendra la distance $CA' = s'$ où la parabole rencontre le niveau initial MC en faisant dans l'équation (3) $y = H$, $x = -s'$, d'où :

$$s = \frac{m}{2\mu q} (H^2 - h^2)$$

et par suite :

$$\frac{s'}{s} = \frac{H^2 - h^2}{h^2}.$$

Pour définir le mouvement du sommet A, nous remarquerons qu'à un instant quelconque t , les aires curvilignes BOA, BCA' sont équivalentes.

Il résulte de cette condition que les paraboles AA' passent par un point fixe B. En effet, l'équivalence des aires se traduit par la relation :

$$\frac{2}{3} hs = \frac{1}{3} (H - h)s',$$

d'où :

$$\frac{s'}{s} = \frac{2h}{H - h},$$

et :

$$\frac{H^2 - h^2}{h^2} = \frac{2h}{H - h}.$$

La hauteur h est donc constante et donnée par l'équation du troisième degré :

$$(H - h)^2 (H + h) - 2h^3 = 0.$$

Sous cette forme on voit aisément que l'équation a une seule racine positive, inférieure à H , et on trouve pour la valeur approximative de cette racine :

$$h = 0,544 H$$

DOCUMENTS.

t de déterminer très sim-

t en effet: $\frac{s+s'}{s} = \frac{H+h}{H-h}$.

d'une longueur $OB' = OB$,
e A_1B , qui rencontre en D
projeter D en A' sur MC.

sommet A peut s'obtenir
:

$hds;$

;

$-dt,$

$\frac{1}{2}t,$

$\frac{5}{2}t = 2,38s.$

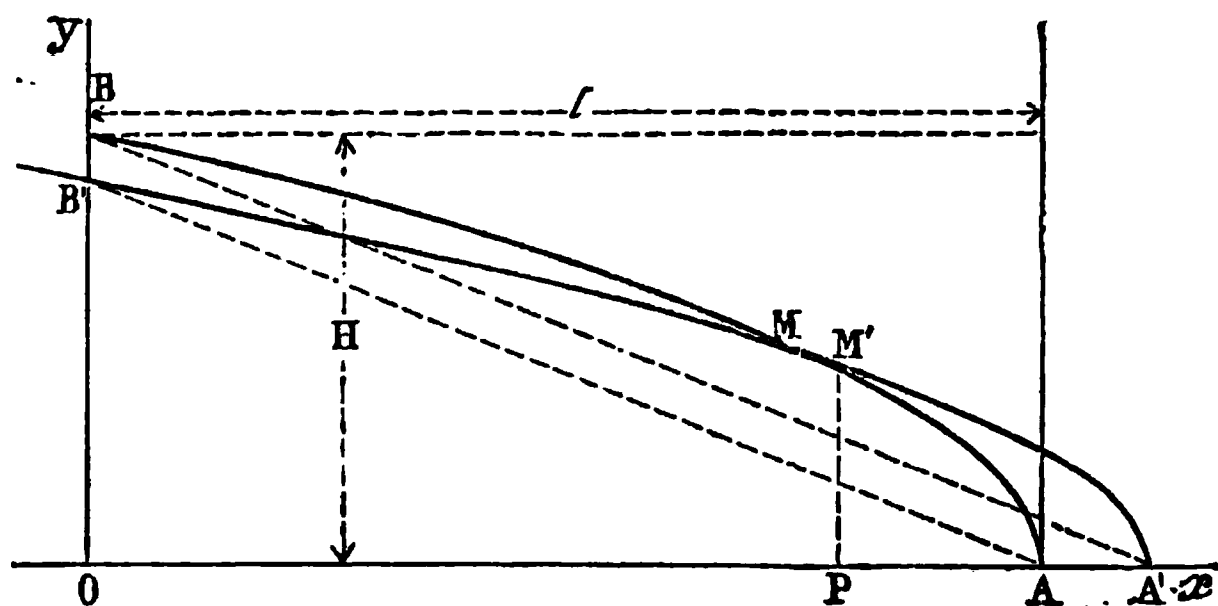
A la parabole initiale; on a:

$A = S + L$

i section verticale considé-
t A est défini par la condi-
reste constante. Les axes
la figure, soient α l'ordon-
u sommet d'une parabole

$t,$

relation qui permet de trouver le point A' étant donné le point B' ; il suffit en effet de joindre $B'A$ et de mener la parallèle BA' .



Si dans l'équation (3) on remplace h par α et s par σ ou $\frac{Hl}{\alpha}$, on a l'équation générale des paraboles $B'MA'$ avec un seul paramètre variable α :

$$(5) \quad \alpha^2 - y^2 = \frac{\alpha^2}{Hl} x.$$

Sous cette forme, on peut voir que la parabole se déplace en restant tangente à une hyperbole équilatère. Si l'on dérive en effet l'équation (5) par rapport à α , on trouve :

$$(6) \quad \frac{2}{3} Hl - \alpha x = 0,$$

équation d'une droite verticale $M'P$; et en éliminant α entre les équations (5) et (6) il vient :

$$(7) \quad xy = \pm \frac{2}{3} \frac{Hl}{\sqrt{3}};$$

le signe $+$ convient seul au problème.

Le point de tangente M' s'obtient en prenant :

$$OP = \frac{2}{3} OA'.$$

IES ET DOCUMENTS.

$$\frac{2}{3} \frac{Hl}{OP \times \sqrt{3}} = \frac{Hl}{\sigma \sqrt{3}}.$$

ment du sommet A s'obtient comme

$$= \frac{2}{3} m \times M'P \times d\sigma;$$

$$q = \frac{m}{2\mu} \frac{\alpha^3}{Hl};$$

a valeur, α par $\frac{\Pi l}{\sigma}$ et supprimant les
ent :

$$\frac{4}{3} \sigma^2 d\sigma = Hl dt;$$

l'origine de la deuxième phase ; en
t extrayant les racines cubiques,

$$t^3 + \frac{q\sqrt{5}}{4\mu} Hl (t - T).$$

se relie à la première au moyen des

$$= \frac{H+h}{2h} s' = \frac{1.544}{1.088} L,$$

$$T = \frac{2}{3} \frac{\mu}{0.544} \left(\frac{1.088}{0.456} \right)^2 \frac{L^2}{H}.$$

CHAPITRE II.

APPLICATION DE LA THÉORIE PRÉCÉDENTE A QUELQUES EXEMPLES, TIRÉS DE LA PRATIQUE DES IRRIGATIONS A GENNEVILLIERS. — DÉTERMINATION DES DONNÉES.

1° *Coefficient μ .* — Le sol dans lequel se meut la nappe à Gennevilliers est un mélange de sable et de gravier en proportions très variables. Il y aurait donc lieu d'évaluer dans chaque cas le coefficient à appliquer, en répétant les expériences de M. Darcy, citées par M. l'Inspecteur général Dupuit. Mais on n'arriverait par là à aucun résultat précis, la composition du sol, le degré de tassement ou les dimensions des particules variant sans transition d'un point à un autre. On peut d'ailleurs estimer que la valeur de μ sera comprise entre les deux valeurs extrêmes trouvées par M. Dupuit ; la première ($\mu = 1\,266$) correspond à un filtre composé d'éléments grossiers, pour lequel le rapport m des vides aux pleins atteint 0,38 ; la deuxième ($\mu = 5\,760$) correspond à un sable fin pour lequel m se réduit à 0,30. Or, en adoptant dans les applications la première valeur, on exagère celles de s et s' ; en effet, si d'un côté le coefficient m qui entre dans le calcul de H doit, en réalité, être plus petit que 0,38, tout en ne variant pas de plus de $\frac{1}{5}$ environ de cette valeur, d'autre part, le coefficient μ doit être augmenté dans une proportion variable d'environ 1 à $4\frac{1}{2}$; par suite le nombre $\frac{h}{\mu}$ est dans la pratique inférieur à la valeur calculée pour $m = 0,38$ et $\mu = 1\,266$.

On se place donc, par cette hypothèse, dans les conditions les plus défavorables.

2° *Valeur de H .* — Cette valeur se déduit de celle de l'épaisseur de la couche déversée sur le sol en divisant

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

dernière par le coefficient m , pour lequel nous admet-
 , comme il est dit ci-dessus, la valeur 0,38.

épaisseur de la couche déversée dans un arrosage est
 des tableaux dressés, à partir de janvier 1875, par le
 ce des irrigations, donnant les volumes d'eau déversés
 la plaine par arrosage et par hectare. Ces tableaux
 ont la forme suivante :

MOIS.	VOLUMES totaux par mois.	SURFACE totale irriguée.	SURFACE irriguée par jour.	DIFFÉRENCE entre deux arrosages.	NOMBRE d'arrosages par mois.	QUANTITÉ du mois par hectare.	QUANTITÉ par arrosage et par hectare.
1	2	3	4	5	6	7	8

Les chiffres des colonnes 4 et 7 sont des moyennes des
 relevés journaliers des agents de l'Administration; ceux de
 la colonne 5 sont les quotients des chiffres correspondants
 des colonnes 3 et 4; ceux de la colonne 6 s'obtiennent en
 divisant le nombre des jours du mois par les chiffres de la
 colonne 5. Enfin on obtient la colonne 8 en divisant les
 quantités de la colonne 7 par ceux de la colonne 6.

Ces nombres ainsi calculés, divisés par 10 000, donnent
 les hauteurs moyennes de déversements uniques équiva-
 lant au déversement continu qui constitue chaque arrosage.
 Les valeurs maxima correspondent à mai et décem-
 bre 1875 et à mai 1876.

Mais ce ne sont pas ces nombres qui doivent entrer dans
 les formules établies ci-dessus. Ils doivent être préalable-
 ment diminués de la hauteur correspondante au volume
 absorbé par la végétation ou par l'évaporation, donnée qui
 ne peut être fournie que par l'expérimentation et sur la-
 quelle il existera toujours quelque incertitude.

A la suite d'expériences faites pendant l'été de 1879 dans les anciens bassins d'épuration des Grésillons, M. Marié-Davy, directeur de l'Observatoire de Montsouris, a cru pouvoir fixer à un chiffre moyen de 550 mètres cubes par hectare la quantité d'eau absorbée dans chaque arrosage, par la végétation ou l'évaporation, dans ses cultures d'essai, comprenant celles en usage dans la plaine de Gennevilliers. Mais il est évident que ce chiffre ne saurait être adopté sans modifications dans les formules. En premier lieu, le déversement effectué, surtout pendant certaines années (1875-1876), sur un hectare déterminé, a varié dans des limites étendues, d'un jour à l'autre et, bien entendu, d'une saison à l'autre, tout en ne dépassant point une limite, assez indécise, imposée par l'expérience des arrosants. Le chiffre de 550 mètres cubes a donc souvent été dépassé dans les arrosages, et il serait inexact de ne pas tenir compte de l'excédent qui a dû filtrer jusqu'à la nappe. En d'autres termes, la hauteur moyenne à retrancher de celle du déversement, comme ne donnant pas de filtration jusqu'à la nappe, doit être abaissée au-dessous du chiffre de 0^m,055.

En second lieu, il faut tenir compte de la perte provenant de l'eau qui séjourne dans les rigoles principales, sous une épaisseur supérieure à la moyenne existant dans le reste de la parcelle.

Nous avons estimé que ces diverses quantités d'eau perdues pour l'irrigation et filtrant à la nappe constituaient environ 20 p. 100 du volume total déversé, ce qui nous a conduit à fixer à 400 mètres cubes, au lieu de 550 mètres cubes, le volume à attribuer à l'absorption par les plantes et à l'évaporation, et par suite à retrancher 0^m,04 des hauteurs moyennes de la colonne 8 du tableau ci-dessus.

Application des formules. — Si nous prenons comme exemple le mois de mai 1876, le tableau nous donne comme hauteur moyenne par arrosage 0^m,086 ; la période entre deux arrosages sur un hectare déterminé a été de

jours $\frac{1}{2}$, et par suite le nombre d'arrosages dans le mois de $6 \frac{1}{2}$.

On aura donc :

$$H = \frac{0,086 - 0,04}{0,38} = 0^m,121;$$

$$h = 0,544 H = 0^m,066;$$

et

$$\sqrt{\frac{3}{2} \frac{h}{\mu}} \times 86\,400 = 2,6 \quad (\text{formule 4});$$

(t devra être exprimé en jours).

Connaissant la valeur s_1 de s au moment du deuxième arrosage, on aura les autres valeurs s_2, s_3, \dots, s_6 , au moment des troisième, quatrième..., septième arrosages, en multipliant respectivement s_1 par $\sqrt{2}, \sqrt{3} \dots \sqrt{6}$. Enfin les valeurs de s' s'obtiennent en multipliant celles de s par le nombre 2,38.

On forme ainsi le tableau suivant :

$s_1 = 2,6 \sqrt{4,5} = 5^m,51$	$s'_1 = 2,38 \times s_1 = 13^m,11$
$s_2 = \sqrt{2} s_1 = 7^m,77$	$s'_2 = 18^m,49$
$s_3 = \sqrt{3} s_1 = 9^m,53$	$s'_3 = 22^m,68$
$s_4 = 2 s_1 = 11^m,02$	$s'_4 = 26^m,22$
$s_5 = \sqrt{5} s_1 = 12^m,94$	$s'_5 = 29^m,37$
$s_6 = \sqrt{6} s_1 = 13^m,50$	$s'_6 = 32^m,13$

Les formules 4 et 4 bis s'appliquent aux arrosages suivants comme au premier, à cause de la faible courbure des paraboles. Il s'ensuit qu'au moment du septième arrosage, c'est-à-dire après la fin du mois considéré, le profil de la masse liquide se trouvera formé d'une série de 6 paraboles superposées, dont les sommets seront respectivement à des distances du périmètre marquées par

$s_1 \ s_2 \dots s_6$. La hauteur mouillée sur le périmètre sera égale à $6 \times 0^m,066 = 0^m,396$.

Si le même régime avait été poursuivi pendant une année entière (hypothèse qui n'a aucune réalité pratique) on aurait au moment du quatre-vingt-deuxième et dernier arrosage :

$$s_{81} = 9s_1 = 49^m,59.$$

On voit par là sur quelle zone très restreinte, autour des terrains arrosés, les irrigations ont pu exercer leur influence pour relever le niveau de la nappe souterraine.

Mais, d'autre part, à l'intérieur du périmètre arrosé, les hauteurs vont en s'accumulant et pourraient atteindre quelques mètres, si le déversement s'effectuait toujours avec la même abondance et que la nappe restât immobile. On verra plus loin ce qui se passe réellement dans la plaine de Gennevilliers.

Nous pourrions donc résumer par les conclusions suivantes les résultats de l'application de la théorie à l'effet des irrigations sur le niveau de la nappe :

1° Dans l'enceinte de la zone irriguée, les déversements peuvent atteindre des hauteurs considérables, s'ils se succèdent pendant un temps assez long et dans d'assez fortes proportions.

2° En dehors de la zone irriguée, le bombement disparaît à une faible distance du périmètre (moins de 50 mètres), et ne se propage qu'avec une extrême lenteur.

Il nous reste à faire voir dans quelle mesure ces conclusions sont conformes aux faits observés.

CHAPITRE III.

RAISON DES RÉSULTATS DE LA THÉORIE AVEC LES FAITS OBSERVÉS DANS LA PLAINE DE GENNEVILLIERS (*).

Avant de nous occuper de la comparaison qui fait l'objet de ce chapitre, il est nécessaire de donner quelques indications sur le régime hydrologique de la presqu'île de Gennevilliers.

Antérieurement à l'origine des irrigations, on ne s'est occupé d'une manière suivie des oscillations de la nappe souterraine; le seul document qu'on possède à ce sujet est la carte hydrologique dressée par M. l'Ingénieur en chef Delesse, en 1857. Mais dès 1873, à la suite du premier procès intenté à la ville de Paris pour dommages causés par les divers carrières de la plaine par le déversement des eaux d'égout, le service municipal fit relever périodiquement l'altitude de la nappe dans un certain nombre de puits; en 1874, les observations furent étendues à diverses localités situées en dehors de la presqu'île, telles que : Argenteuil, Bezons, Houilles, Sartrouville, Maisons-Laffitte. Ces dernières permettent d'étudier l'allure naturelle de la nappe et de suppléer, par suite, au manque de renseignements sur l'époque antérieure à 1873.

Régularité de forme de la nappe. — La carte de M. Delesse indique l'état de la nappe dans l'une des années les plus sèches qui se soient produites en deux siècles, d'après l'inspecteur général Belgrand (enquête de 1876); les

Nota. — Nous devons la majeure partie des renseignements sur les allures de la nappe à Gennevilliers et dans les localités voisines, à l'obligeance de notre collègue M. A. Durand-Claye, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, attaché au service municipal. Les autres renseignements ont été relevés directement par M. L. Lefebvre, Ingénieur expert, et par nous, dans nos études sur les causes des inondations d'un grand nombre de propriétés situées dans la plaine de Gennevilliers.

indications en sont donc fort intéressantes comme minima d'altitude de la nappe. Mais on y trouve en outre la constatation, fort importante, du fait de *l'irrégularité de la surface de la nappe* dans la presqu'île de Gennevilliers, fait sur lequel il est utile d'insister, puisque non seulement il a été contesté, mais que le contraire, c'est-à-dire *l'horizontalité absolue et nécessaire de la nappe* a été, sans démonstration d'ailleurs, admis comme principe dans diverses études faites sur la question.

La forme accidentée et irrégulière de la surface de la nappe est attestée en plusieurs points sur la carte hydrologique par les sinuosités nombreuses des courbes de niveau en trait bleu, qui n'ont aucune relation avec celles du terrain. Mais un examen plus approfondi fait découvrir des irrégularités d'une signification plus précise encore, dont nous trouvons des exemples sans sortir de la presqu'île de Gennevilliers.

Ainsi l'on trouve au moulin de la Tour la cote 24,30, et à l'entrée du village la cote 24,60, indiquant une pente de la nappe inverse à la fois de celle du terrain et du sens dans lequel se produit l'alimentation par les eaux provenant des coteaux du mont Valérien.

Une anomalie analogue et encore plus remarquable se rencontre à Asnières (*voir* Pl. 2, *fig.* 1). Les deux puits C, D, portent les cotes bleues 23,4 et 24,5 ; leur distance est de 212 mètres, et les cotes du sol y sont respectivement 32,2 et 32,1. La pente de la nappe est donc entre ces deux points de plus de 0,005, en sens inverse de celle du terrain, qui est de 1/2000 environ.

Il y a plus : si l'on détermine le profil de la nappe suivant la ligne brisée ABC DEF de la figure 1, Pl. 2, on obtient la ligne représentée figure 2, A.

Nous retrouvons un fait analogue à Colombes, dans les relevés d'altitudes effectués par la Ville aux puits Guerlain et Jacquet (1877-1878-1879) ; entre ces deux puits la nappe

présente généralement une pente inverse de celle du sol et aussi du sens dans lequel s'opère l'alimentation; il y a eu exception pendant quelques jours du mois de mars 1879, où le sens de la pente s'est trouvé renversé (*fig. 2, B*).

Irrégularité du mouvement de la nappe. — L'assimilation de la surface de la nappe à celle d'un cours d'eau régulier est donc absolument inexacte; mais le dernier fait cité montre en outre que les mouvements de la nappe n'ont pas lieu parallèlement à eux-mêmes, contrairement à une autre opinion qui a été soutenue. Il suffit, pour s'en convaincre, d'examiner la figure 2, D, qui donne les différents profils relevés, d'après les documents dressés par le service des irrigations, à Houilles et à Bezons, aux dates des 1^{er} mars 1877 et 15 mars 1879.

Nous n'entreprendrons pas de rechercher les causes des phénomènes que nous venons de citer; pour parvenir à les assigner avec quelque précision, il faudrait se livrer à une étude longue et minutieuse de la composition physique du sol, des données météorologiques, du mode d'alimentation, de progression et d'écoulement de la nappe dans la presqu'île de Gennevilliers. On sait d'ailleurs que la question beaucoup plus simple des relations entre les crues des cours d'eau et les quantités de pluie tombée dans un bassin hydrographique n'a pu encore être résolue avec quelque certitude, et que les règles en usage dans le service hydrologique de la Seine sont fondées sur des observations d'une nature particulière. Nous nous contenterons de citer quelques-unes des causes qui, suivant nous, peuvent déterminer la forme et le mouvement de la nappe.

1° *La quantité de pluie tombée et la saison dans laquelle cette chute a eu lieu (voir l'ouvrage de M. Belgrand, intitulé la Seine);*

2° *La nature physique, plus ou moins compacte, plus ou moins homogène, du sol; cet élément influe sur la*

vitesse de propagation de la nappe et, par suite, sur la forme de la surface ;

3° *L'épaisseur du sol perméable*, les phénomènes de remous étant proportionnels à la hauteur de la masse en mouvement (Dupuit, *Études théoriques et pratiques*, etc.);

4° *Le mode d'écoulement dans la Seine* ; cet écoulement se produit au-dessous d'une sorte d'immense barrage naturel formé par un dépôt de limon imperméable, très variable en épaisseur et en profondeur, qui règne le long des rives de la Seine, et qui a pour effet d'amener une surélévation de la nappe dans la presque île ; surélévation variable elle-même avec l'épaisseur de la masse d'eau, avec l'épaisseur et la largeur du dépôt limoneux ;

5° *Le niveau des crues de la Seine*, qui sont suivies dans un délai plus ou moins long, de crues de la nappe (Enquête de 1876 ; M. Belgrand) ;

6° *La situation topographique de la plaine de Gennevilliers*, entre un coteau à fortes pentes, où la nappe prend naissance, et la Seine, qui entoure la plaine de trois côtés ; cette disposition a pour effet de donner aux courants souterrains des directions très variables, sur lesquelles viennent encore influer les deux causes relatées ci-dessus, le défaut d'homogénéité du sol et la présence du bourrelet imperméable..

Les phénomènes que présente la nappe, sous l'action de ces diverses causes, peuvent être résumés ainsi qu'il suit :

1° *Crue annuelle* ; très variable comme hauteur, dépendant tant des conditions météorologiques que de l'état de saturation du sol, c'est-à-dire, du plus ou moins de sécheresse de l'année précédente. Cette crue a atteint dans certaines localités, en 1877 et 1879, des proportions exceptionnelles, ainsi que le montre le tableau suivant, qui donne les oscillations extrêmes pour chaque année ;

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

LOCALITÉS.	POINTS observés.	minimum.	m.	maximum.	m.	différence.	minimum.	m.	maximum.	m.	différence.	minimum.	m.	maximum.	m.	différence.	OBSERVATIONS
Colombes. . .	Guarlain.	25,45	26,30	0,85	25,40	26,40	1,00	25,64	26,10	0,46	25,56	26,90	1,34				
	Jacquet.	"	"	"	24,90	26,05	1,15	25,18	25,60	0,42	25,30	26,84	1,54				
Bezons. . .	Dolmas.	"	"	"	24,10	25,46	1,36	24,50	25,04	0,54	23,60	26,54	2,94				
	Retrou.	"	"	"	24,50	25,72	1,22	24,48	25,20	0,72	24,55	26,94	2,41				
Houilles. . .	Jacquet.	"	"	"	24,56	26,68	2,12	24,80	26,04	1,24	25,40	28,40	3,00				
Gennevilliers. .	Bazile.	25,94	26,65	0,71	26,52	26,90	0,38	26,56	26,89	0,33	26,44	26,96	0,52				
												25,76		1,20			

Nous avons inséré dans ce tableau un puits de Gennevilliers pour montrer que les oscillations en sont beaucoup moins accusées que dans les autres localités.

Le fait du relèvement général de la nappe par rapport au niveau constaté dans la carte de M. Delesse est mis en évidence par les profils (*fig. 2, B, C, D*)(*). Le premier passe par les puits Jacquet et Guerlain à Colombes, les Quatre-Chemins, la Redoute, le puits Bazile et la mare Pommier à Gennevilliers; le second s'étend du puits Aubarède à Asnières, au puits Crépin à Gennevilliers, en passant par la mare du pré Marchais; le troisième comprend les puits Jacquet, à Houilles, Retrou et Delmas à Bezons (*voir le plan, fig. 1*). (Dans le profil, figure 2, B, les cotes tirées de la carte hydrologique ne correspondent pas aux puits Jacquet et Guerlain, mais à un puits voisin du puits Jacquet, et au puits de la station de Colombes. Les cotes différaient probablement fort peu en 1857 entre ces divers points.)

Les crues périodiques ont en général lieu au printemps, mais l'époque de leur commencement et leur durée sont aussi variables que leur intensité et subissent en outre l'influence des crues de la Seine.

2° *Crues accidentelles* — dues au refoulement exercé sur la nappe lors des fortes montées de la Seine; très nettes dans certaines années (1876-1877-1879), confondues avec la crue périodique pour d'autres.

M. l'Inspecteur général Belgrand a attiré l'attention sur le fait du retard du maximum de la crue de la nappe sur celui de la Seine, retard dû à la combinaison des effets de la crue naturelle de la nappe et de la crue accidentelle pendant l'été.

3° *Oscillations irrégulières*, sur certains points, particu-

(*) Le barrage de Bezons maintient aujourd'hui en temps d'étiage le niveau de la Seine à la cote 24, tandis qu'avant son fonctionnement régulier, cet étiage était voisin de la cote 21 à 22. Il y a donc impossibilité pour la nappe de retrouver ses anciennes cotes, notamment au voisinage de la Seine.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

des rives de la Seine, par suite d'une plus étendue de la nappe aux mouvements du niveau

lance des hauteurs moyennes de la nappe, et du niveau relatif de ces points Guérlain et Jacquet à Colombes.

années de fortes crues, niveau général plus élevé qu'à Colombes ou Asnières; cette pente quand on se rapproche de la Seine, à la présence du bourrelet limoneux imperméable (coupes *fig. 2, A, B*).

on entre les résultats de la théorie et les observations dans la plaine. — Il ressort de l'examen des observations de faire du régime hydrologique de la Seine à Joinville-lez-Daumesnil, qu'il est fort difficile de vérifier les deux principes que nous avons établis en faveur de notre théorie. Prenons, par exemple, Joinville-lez-Daumesnil, située au milieu des terrains irrigués.

Si la nappe souterraine restait invariable, on verrait, dans certaines années comme 1874, 75, 76, les déversements par hectare ont notablement dépassé 100 mètres cubes par arrosage, une relation entre les cubes d'eaux déversés et la hauteur de la nappe. Rien de pareil ne s'aperçoit sur la figure 3, si l'on considère ces deux éléments pour l'année 1875; il n'y a rien de ce qui s'est passé en mars, mai, août, décembre; l'indépendance du déversement de la nappe semble complète, contrairement aux prévisions de la théorie. Tout ce que l'on peut dire, en conclusion générale, à la suite de l'examen des diagrammes, c'est que l'influence des irrigations se manifeste à Joinville-lez-Daumesnil par des oscillations plus brusques, plus fortes, et d'une plus grande intensité qu'aux environs du périmètre des arrosages. Ce qui prouve l'action prédominante des mouvements

propres de la nappe, c'est qu'en 1877, année où les déversements ont été beaucoup plus modérés qu'en 1875 (l'excédent par hectare sur le chiffre de 400 mètres cubes par arrosage n'a été que de 29 p. 100 de la totalité au lieu de 47 p. 100), on trouve au 1^{er} juin une baisse de 40 centimètres, après un mois de forts arrosages, tandis qu'en juillet, un arrosage beaucoup plus modéré (300 mètres cubes en moins) est suivi d'une élévation de 0^m,60. Mais ces faits s'expliquent dans une certaine mesure en considérant les diagrammes de la nappe à Colombes, Bezons et Houilles; on remarque alors que la baisse du 1^{er} juin est générale dans ces trois localités, et qu'au 15 juillet il se produit dans les deux premières un relèvement correspondant au second maximum de la carrière Varangot.

Les mêmes causes rendent également fort difficile la vérification de la deuxième conséquence de la théorie par l'examen des diagrammes de la nappe en des points situés en dehors du périmètre des arrosages. Tandis qu'au puits Bazile (*voir* la figure 3) les oscillations sont généralement remarquables par leur lenteur et leur faiblesse, au puits Crépin, distant du précédent de 675 mètres, elles sont au contraire très brusques et souvent d'une intensité considérable, bien qu'on n'aperçoive aucune raison de cette différence d'allures. On retrouve d'ailleurs les mêmes anomalies dans des localités éloignées de Gennevilliers, comme Bezons, où les allures de la nappe sont très différentes aux puits Retrou et Delmas; les oscillations du niveau dans ce dernier puits sont au moins aussi étendues que celles du puits Crépin, à Gennevilliers.

CONCLUSION.

Les diagrammes des mouvements de la nappe ne peuvent donc servir dans aucun cas à se rendre un compte exact de l'influence des irrigations; s'il est impossible de

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

cette influence quand elle existe, *à fortiori* ne vantage vérifier les conclusions de la théorie, là où les faits sont négatifs. Il est néanmoins très important qu'aucun fait précis, de quelque nature qu'il soit, ne permette de les combattre.

Il faut qu'un seul moyen d'opérer cette vérification, soit indispensable : l'expérience directe sur un sol où il n'y a ni couche imperméable et ne contenant pas d'eau souterraine ; par exemple, un terrain d'alluvions ou graveleuses, entièrement livré à la culture (sans gêner l'influence des pluies locales) et séparé des autres par une tranchée destinée à arrêter toute formation de nappe souterraine.

Même si, en l'absence d'une vérification expérimentale, on ne saurait faire condamner une théorie fondée sur des faits aussi précis que les lois établies par MM. Darcy. Pour arriver à admettre, comme l'ont fait certaines personnes, que les mouvements de la nappe se font dans le sol avec une grande rapidité et que, par conséquent, la forme de cette nappe est régulière et invariable, il faut pouvoir prouver que les coefficients entrant dans les formules sont grossièrement erronés, et y en substituer d'autres plus exacts. C'est ce qui n'a jamais été fait jusqu'à présent : les objections se sont toujours élevées aux conséquences sans remonter aux principes. *Objection aux réclamations produites par divers propriétaires de la plaine de Gennevilliers.* — Quelques propriétaires ont intentés par un certain nombre d'habitants de la plaine de Gennevilliers contre la ville de Paris, pour réclamation des dommages causés dans leurs propriétés par les inondations produites par les eaux de la Seine qui coulaient aux irrigations.

Les considérations qui précèdent eussent conduit à écarter complètement tous les réclamants dont les propriétés sont enclavées dans le périmètre irrigué ou situées à une distance de quelques mètres ; l'administration mu-

nicipale eût dû notamment se trouver déchargée de toute indemnité vis-à-vis des propriétaires de caves situées dans le village ou de terres sises le long du fossé de l'Aumône ou dans les dépressions de terrain, comme le pré Marchais (*voir la carte, fig. 1*), les dommages subis par ces propriétés ne pouvant être attribués qu'au gonflement naturel de la nappe. Mais la même conclusion n'aurait pu s'appliquer aux propriétaires de carrières ou de jardins maraîchers contigus aux terrains irrigués, et un examen minutieux eût été nécessaire dans ce cas pour se prononcer sur la justesse des réclamations produites.

Aperçu sur les causes du gonflement exceptionnel de la nappe de 1873 à 1880. — Il est intéressant de rechercher à quelle cause on peut attribuer ces phénomènes de gonflement exceptionnel de la nappe qui ont eu lieu dans la plaine depuis 1873, et dont l'apparition, coïncidant avec l'établissement des irrigations, a pu si naturellement en être considérée comme la conséquence.

Bien qu'on ne puisse préciser nettement en pareille matière (puisque, comme nous l'avons dit plus haut, la même question n'a pu encore être résolue à propos des crues des cours d'eau), nous croyons que les deux observations qui suivent pourront suffire à donner une explication générale :

1° Il s'est produit depuis 1872 une succession de quelques années qui doivent recevoir la qualification d'*humides*, dans le sens attribué à ce mot par M. l'Inspecteur général Belgrand; ainsi en 1873, 1875, 1876, 1877, 1878 et 1879 les quantités de pluie tombées à Asnières, sans être très-considérables pour l'année entière, ont été assez importantes dans la saison froide pour amener une montée extraordinaire des cours d'eau et en même temps des nappes qui les alimentent. La Seine a éprouvé coup sur coup des crues en décembre 1872, janvier 1873, janvier et novembre 1875, mars 1876, février, mars et décembre 1877, avril, mai et

ovembre 1878, et enfin janvier et février 1879; quelques-unes de ces crues doivent compter parmi les plus hautes du siècle. Le contre-coup s'est produit sur la nappe de Gennevilliers, avec cette différence que les crues ont été beaucoup plus longues et que la saturation du sol a eu, en quelque sorte, pour effet de les superposer, c'est-à-dire d'amener un relèvement général du niveau, qui a été particulièrement sensible dans la presqu'île de Gennevilliers sur les motifs indiqués plus haut (p. 51). Nous avons ailleurs montré que ce relèvement s'était produit aussi bien à Houilles, Bezons et Colombes.

Mais une seconde cause est venue aggraver les conséquences des crues naturelles de la nappe, et expliquer pourquoi les crues antérieures à 1872 avaient pu passer à peu près inaperçues, par leur courte durée et l'insignifiance des dégâts produits.

2° Le barrage établi à Bezons en 1866 a relevé le niveau de la Seine d'environ 1 mètre en moyenne d'après la déposition de M. l'Ingénieur en chef de Lagrené dans l'enquête de 1876; le même effet s'est nécessairement produit sur les nappes drainées par le fleuve, et telle crue qui n'eût exercé aucun dommage avant la construction du barrage, a pu amener une inondation plus ou moins grave (*).

On peut espérer néanmoins que les conséquences réellement calamiteuses des crues de la nappe pendant les six dernières années ne se renouvelleront plus à l'avenir, grâce au drainage établi par la ville de Paris en 1879, de manière à protéger le village et quelques points particulièrement exposés. L'action des drains, toute restreinte qu'elle soit à un faible périmètre, suffira pour maintenir les eaux à un

(*) D'après une note qui nous a été communiquée par M. A. Durand-Claye, le relèvement du plan d'eau dû au barrage de Bezons est de 2^m,05. Cette cause jointe aux circonstances météorologiques a amené les surélévations suivantes de la nappe en des points très éloignés des irrigations. *Lehotville* 1^m,55; *la Ganne* (cote 42) 3^m,20; *Bezons* 1 mètre; *Argenteuil* de 0^m,14 à 1^m,52; *surbevoie* 1^m,90.

niveau suffisamment bas dans la région où les crues sont dommageables.

Note additionnelle. — Deux faits récents viennent à l'appui de nos conclusions relatives à l'indépendance des oscillations de la nappe et des irrigations en dehors du périmètre où elles sont pratiquées.

1° Les irrigations ont été entièrement suspendues à Gennevilliers du 20 octobre 1878 au 17 mars 1879. Cependant une crue de la nappe s'est produite en janvier et mars, très forte à Colombes, Bezons et Houilles, assez modérée à Gennevilliers; les caves ont été atteintes, les faits ordinaires d'inondation ont eu lieu; puis, à la reprise des irrigations, malgré un été pluvieux, malgré un déversement très abondant, la nappe a pris un mouvement de baisse en tous ses points (sauf à la carrière Varangot où les oscillations ordinaires ont eu lieu, bien qu'avec une intensité moindre que les années précédentes).

2° En février 1880, à la suite d'un hiver exceptionnellement sec, la nappe s'est trouvée si basse qu'un grand nombre de puits ont été mis à sec. Cependant le cube d'eau déversé en 1879 avait été à peu près identique à celui de 1878 (10 400 000 mètres cubes).

Quant à l'effet des drains, par lequel on a cherché à expliquer ce phénomène anormal, il a été précisément très faible en décembre et nul du 1^{er} au 15 janvier 1880. La totalité du volume débité depuis l'ouverture n'a guère dépassé 850 000 mètres cubes, tandis que dans la même période, la Ville a déversé sur la plaine 3 666 686 mètres cubes.

Paris, 28 avril 1880.

Depuis que les lignes précédentes ont été écrites, l'expérience a continué à se prononcer en faveur de nos conclusions. Tandis que le déversement atteignait en 1881 le chiffre énorme de 17 046 649 mètres cubes, avec des

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

ensuels de plus de 2 500 000 mètres cubes pendant ppe se maintenait dans les puits à une cote inférieure, 60 (atteinte en mars à la suite d'une légère Seine); les carrières présentaient au contraire les habituelles, bien qu'affaiblies, avec des maxima en été.

oment (février 1882), malgré un déversement de millions de mètres cubes dans le dernier trimestre 1881, l'altitude de la nappe, tant dans les puits es carrières, présente un minimum qui n'avait eint depuis longtemps; et pourtant, pendant la ode, les drains n'ont débité que 500 000 mètres ron.

CHRONIQUE

(Janvier 1883.)

N° 5

LISTE CHRONOLOGIQUE

DU HAUT PERSONNEL DU SERVICE DES MINES

Une note, insérée au bas de la première page des « Listes chronologiques du Haut Personnel des Travaux Publics de 1599 à 1882, » annonçait une liste supplémentaire comprenant le Haut Personnel du Corps des mines. Ce travail synoptique a été préparé par M. Lorieux, Ingénieur en chef, secrétaire du Conseil général des mines, avec le concours de M. Martin de Saint-Semmera, chef de bureau du secrétariat du Conseil.

Jusqu'en 1781, les attributions du Personnel des mines ont été essentiellement fiscales, et se réduisaient, à très peu près, à la perception du droit Régalien. Elles étaient exercées sous les empereurs romains par le « Comes metallorum. »

Le droit Régalien sur les mines inscrit dans le code Justinien, et dont on retrouve la trace dans deux titres, l'un de 635, sous Dagobert, l'autre de 786, sous Charlemagne, est fractionné comme les autres droits de la Couronne sous le régime féodal, et rétabli dans son intégrité par les lettres patentes de Charles VI du 30 mai 1413.

(*) Le premier haut fonctionnaire de l'Administration des mines, sous l'ancienne Monarchie, a été institué par ordonnance de Louis XI, au mois de septembre 1471, avec le titre de général maître gouverneur et visiteur des mines. Il résulte d'un arrêt du parlement de Paris, du 31 août 1474, que la charge était remplie, à cette date, par Guillaume Cousinot, chevalier. Les lettres patentes de François I^{er} du 17 janvier 1515 continuent l'office de contrôleur des mines en faveur du sieur Pierre Chollet.

(*) Les documents qui suivent sont, pour la majeure partie, extraits de l'ouvrage de M. Lamé-Fleury, intitulé : *De la législation minérale sous l'ancienne monarchie.*

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

es Gardes des mines, comme le constatent des
1515, entérinées, le 18, dans les registres de la
(Z. 3. 160, f° 29), par lesquelles François I^{er}
irdelot l'office de « Garde des mines d'argent
u Nivernais et leurs adjacences, vacant par la
de Beszé, dernier paisible possesseur dudit

des privilèges exclusifs pour l'exploitation des
essivement accordés, par lettres patentes des
, 29 juillet 1560, 10 mai 1562 et 28 septem-
neurs de Roberval de Saint-Julien, de Lescot

qui, malgré leur titre de surintendant, ne
que des concessionnaires généraux et tempo-
triment de la bonne utilisation des richesses
du Parlement, du 26 août 1579, mentionne
remplissant les fonctions de général des mines,
arrault, conseiller du roi, le premier auteur
néralogie (1579), intitulé : *Des mines d'argent
ouvrages et police d'icelles.*

de surintendant des mines est occupé pure-
nable, à titre honorifique, par le duc de Belle-
t en 1601.

anvier 1597, Henri IV confirme la charge de
ral réformateur des mines et nomme à ces fonc-
ontherbu, en lui adjoignant douze lieutenants
ontrôleur général.

ighem, par commission du 28 septembre 1600,
n recevoir le titre, de faire l'office de grand
t et général réformateur des mines et minières.
emphie de 1604 à 1613 par Martin Ruzé; de
oine Ruzé, neveu du précédent, puis par Martin
fiat et de Lonjumeau.

1635, un édit de Louis XIII porte création de
ntrôleurs généraux alternatifs. Un autre édit
un office de grand maître alternatif. Au mois
dit de Louis XIV porte suppression de l'office
rnatif et création de deux grands maîtres surin-
ix réformateurs alternatifs triennaux.

opole exclusif, pour l'exploitation des mines,
s en faveur du duc de Bourbon et dure jusqu'à

t du Conseil met tous les exploitants en de-

meure de faire vérifier leurs titres et inaugure le régime des permissions et concessions.

L'inspection générale des carrières de Paris, qui forme une annexe du service des mines, remonte au 4 avril 1777. Le premier titulaire fut Charles Axel Guillaumot, inspecteur général en chef des visites et opérations relatives aux carrières de Paris.

L'administration technique des mines date, en réalité, de l'arrêt du Conseil du 21 mars 1781, qui a créé quatre inspecteurs des mines et carrières, parmi lesquels figure Dietrich, maire de Strasbourg.

En 1788, l'administration des mines se composait : d'un intendant, de deux commissaires du roi à la visite des mines et bouches à feu du royaume; de cinq inspecteurs généraux des mines, trois sous-inspecteurs et six ingénieurs, un directeur de l'École royale des mines, deux professeurs et douze élèves.

Le 13 messidor an II (1^{er} juillet 1794), une agence des mines, composée de trois membres, a été instituée par arrêté du comité de Salut public; un arrêté subséquent, du 18 messidor (6 juillet) de la même année, créait, sous l'autorité de l'agence des mines, une administration comprenant huit inspecteurs, douze ingénieurs et quarante élèves ingénieurs.

Par la loi du 30 vendémiaire an IV, l'agence des mines est devenue le Conseil des mines fonctionnant alors près du Ministre de l'Intérieur : la même loi prescrit de recruter les élèves des mines parmi les candidats sortis de l'École polytechnique.

L'organisation actuelle du Corps des mines remonte au décret du 18 novembre 1810; le cadre comprenait trois inspecteurs généraux, cinq inspecteurs divisionnaires, quinze ingénieurs en chef, trente ingénieurs ordinaires, dix aspirants et vingt-cinq élèves.

La Direction générale des mines a été jointe à celle des Ponts et Chaussées par ordonnance du 17 juillet 1815. Cette double direction, séparée du Ministère de l'Intérieur par ordonnance du 19 mai 1830, a constitué le Ministère des Travaux Publics.

Le grade d'inspecteur divisionnaire a été supprimé par ordonnance royale du 27 avril 1852 et remplacé par celui d'inspecteur général de 2^e classe.

Le personnel des mines, d'après le décret du 24 décembre 1851, devait comprendre : trois inspecteurs généraux de 1^{re} classe, cinq de 2^e classe, treize ingénieurs en chef de 1^{re} classe, quatorze de 2^e classe, dix-neuf ingénieurs ordinaires de 1^{re} classe, trente de 2^e et douze de 3^e. Le même décret instituait soixante-quinze emplois de gardes-mines.

Le décret du 28 mars 1852 a conféré au Ministre le droit de

petit nombre. Elle est suivie, comme pour les Ponts et Chaussées, de la liste des présidents du conseil, des directeurs et inspecteurs de l'École, puis de celle des Directeurs de la carte géologique de la France, dont la mention spéciale n'a pas besoin d'être justifiée.

Le caractère particulièrement scientifique du Corps des mines donne un intérêt tout spécial à l'adjonction d'une liste chronologique des membres qui appartiennent à l'Institut.

Il est regrettable que le cadre soit encore trop étroit pour que des noms tels que ceux de Jean Reynaud, Lambert, Ébelmen, Sauvage, Audibert, Rivot, Bour, etc., puissent y trouver place.

Juin 1882.

**PREMIERS INGÉNIEURS DE HAUT GRADE
ET INSPECTEURS GÉNÉRAUX AU CORPS DES MINES.**

ANNÉES.	NOMS DES INSPECTEURS.	ANNÉES.	NOMS DES INSPECTEURS.
	MM.		MM.
1783 à 1788	<i>Bellejean.</i>	1856 à 1865	<i>Lorieux.</i>
— —	<i>Jars.</i>	1857 1872	<i>De Billy.</i>
— —	<i>Monnet.</i>	1858 1867	<i>E. Blavier.</i>
1810 1812	<i>Lefebvre d'Hellencourt.</i>	1859 1864	<i>Fournel,</i>
— 1824	<i>Hassenfratz.</i>	1859 1866	<i>Drouot.</i>
— 1831	<i>Lelièvre.</i>	1863 1877	<i>Piérard.</i>
— 1832	<i>Gillet de Laumont.</i>	1864 1868	<i>Vène.</i>
— 1832	<i>Duhamel.</i>	1865 1871	<i>De Hennezel.</i>
— 1832	<i>Baillet-Belloy.</i>	1866 1870	<i>Baudin.</i>
— 1853	<i>Héron de Villefosse.</i>	— 1878	<i>François.</i>
— 1861	<i>Cordier.</i>	— 1879	<i>Gruner.</i>
1816	<i>Schreiber.</i>	— 1882	<i>Du Souich.</i>
1824 1838	<i>Brochant de Villiers.</i>	1867 »	<i>Daubrée.</i>
1826 1855	<i>Beaunier.</i>	1868 1879	<i>Couche.</i>
1832 1851	<i>De Bonnard.</i>	1869 1875	<i>Harlé.</i>
1834 1848	<i>Héricart de Thury.</i>	1869 1877	<i>Lefebvre de Fourcy.</i>
1834 1851	<i>Mignerou.</i>	1872	<i>Le Châtelier.</i>
1836 1840	<i>Lefroy.</i>	1872	<i>Callon.</i>
1836 1840	<i>Voltz.</i>	1872 »	<i>G. de Nerville.</i>
1836 1848	<i>Berthier.</i>	1872 »	<i>Jacquot.</i>
1840 1846	<i>Guenyveau.</i>	1873 1881	<i>Cacarrié.</i>
1840 1848	<i>Garnier.</i>	1874 »	<i>Meissonnier.</i>
1841 1852	<i>Chéron.</i>	1875 »	<i>Descottes.</i>
1846 1857	<i>Dufrénoy.</i>	1877 »	<i>Dupont.</i>
1848 1866	<i>Thirria.</i>	1878 1881	<i>Delesse.</i>
1848 1868	<i>Elie de Beaumont.</i>	1878 »	<i>Tournaire.</i>
1848 1871	<i>Combes.</i>	1879 »	<i>Lamé-Fleury.</i>
1851 1856	<i>Juncker.</i>	1879 »	<i>De Chancourtois.</i>
1852 1859	<i>Marrot.</i>	1879 »	<i>Gentil.</i>
1852 1859	<i>Levallois.</i>	1881 »	<i>Bochet.</i>
1854 1877	<i>De Boureuille.</i>	1882 »	<i>P. d'Ambly.</i>

VICE-PRÉSIDENTS DU CONSEIL GÉNÉRAL DES MINES (depuis sa création).

ANNÉES.	
1785 à 1786	
1794	
1794	1795
1815	
1816	1856
1836	1848
1848	1857
1857	1872
1872	"

DIRECT

ANNÉES.	
1857 à 1860	
1860	1857

MEMBRES DE L'INSTITUT.

ANNÉES.		ANNÉES.	
	MM.		MM.
1795 à 1801	<i>Dolomieu.</i>	1840 à 1872	<i>V. Regnault.</i>
1795 1816	<i>Duhamel.</i>	1845 1870	<i>Lamé.</i>
1795 1822	<i>Haüy,</i>	1847 1872	<i>Combes.</i>
1795 1829	<i>Vauquelin.</i>	1851 1879	<i>Michel Chevalier.</i>
1795 1835	<i>Lelièvre.</i>	1852 1862	<i>De Sénarmont.</i>
1799 1854	<i>Gillet de Laumont.</i>	1855 1872	<i>Delaunay.</i>
1801 1824	<i>Sage.</i>	1856 »	<i>Bertrand.</i>
1808 1861	<i>Cordier.</i>	1858 1864	<i>Clapeyron.</i>
1815 1847	<i>Brongniart (Alexandre).</i>	1861 »	<i>Daubrée.</i>
1816 1840	<i>Brochant de Villiers.</i>	1868 »	<i>Phillips.</i>
1816 1852	<i>Héron de Villefosse.</i>	1873 »	<i>Résal.</i>
1824 1854	<i>Héricart de Thury.</i>	1878 »	<i>Cornu.</i>
1827 1861	<i>Berthier.</i>	1879 1881	<i>Delesse.</i>
1835 1874	<i>Elie de Beaumont.</i>	1881 »	<i>Jordan.</i>
1837 1857	<i>De Bonnard.</i>	1882 »	<i>De Freycinet.</i>
1840 1857	<i>Dufrénoy.</i>		

MEMBRES CORRESPONDANTS :

1796 1818	<i>Picot de la Peyrouse.</i>	1842 1875	<i>Burdin.</i>
1796 1827	<i>Schreiber.</i>	1858 1869	<i>Durocher.</i>
1821 1841	<i>D'Aubuisson de Voisins.</i>	1865 »	<i>De Vergnette la Motte.</i>
1840 1851	<i>Puvis.</i>	1866 »	<i>De Marignac.</i>

NOTE RELATIVE A L'ÉCOLE DES MINES.

(a)* Les actes de concessions de mines, au moins à partir de 1769, stipulent tous que le concessionnaire sera tenu de payer annuellement une certaine somme pour l'entretien d'Écoles de mines ou de mineurs. Un arrêt du Conseil, du 13 janvier 1776, commet le caissier de la petite poste de Paris pour recouvrer les contributions de cette nature. Par arrêt du Conseil, du 15 septembre 1776, relatif aux carrières de Paris, l'ingénieur Dupont, inspecteur des carrières, est autorisé à ouvrir une école de géométrie souterraine. Ses pouvoirs furent révoqués par un autre arrêt du 26 septembre 1777.

Il résulte de lettres patentes de Louis XVI, du 11 juin 1778, que le sieur Sage, membre de l'Académie des sciences, fut chargé de professer, à l'hôtel des monnaies de Paris, un cours de minéralogie et de métallurgie docimasique.

L'École des mines de Paris a été instituée réellement par arrêt du Conseil du 19 mars 1783. Sage y professa la chimie, la minéralogie et la docimasie; Duhamel, la physique, l'hydraulique, la géométrie souterraine et l'abrage des mines. Elle fut fermée en 1790, puis réorganisée par arrêtés du comité de Salut

(*) Lamé-Fleury, *Législation minérale sous l'ancienne monarchie.* — *Annales des mines*, 3. série t. IV, partie administrative, p. 586.

DOCUMENTS.

aire an III (12 juillet et 8 novembre 1794).

* docimasia; 2^o minéralogie et géogra-

4^o métallurgie. Établie d'abord rue de

ai est occupée maintenant par le Dépôt

ivement rue d'Enfer, dans l'hôtel Ven-

le par une loi du 12 juillet 1857. Les

minéralogie, Haüy et Brongniart; pour

umel fils; pour la docimasia, Vauquehn;

afraz; pour la géologie, Dolomieu.

an X (12 février 1804) remplaça l'École

pratiques des mines de Pesey et Geis-

l'ordonnance royale du 5 décembre 1816,

rs des élèves ingénieurs destinés au ser-

es externes, et qui a prévu l'institution

rtements sous le nom d'écoles pratiques

12 août 1816, l'École des mineurs de

emplacer les écoles pratiques des mines

eurs n'ont été instituées que plus tard :

ptembre 1843; celle de Douai, par dé-

e Paris a été complétée par le décret du

ar un inspecteur général de 1^{re} classe,

inspecteur général de 2^o classe, ou un

inspecteur de l'École.

N° 6

LE CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET L'INSTITUT

Par M. TARBÉ DE SAINT-HARDOUIN, Inspecteur général, Directeur de l'École.

Les *Annales des Ponts et Chaussées* ont publié dans le numéro de février 1882 un travail intéressant dressé par M. Cheysson sur le haut Personnel des Travaux Publics, et spécialement du Corps des Ponts et Chaussées.

Les *Annales des Mines* ont donné à leur tour des recherches du même genre sur le haut Personnel de ce service et on y a compris la liste des ingénieurs des Mines ayant appartenu à l'Institut depuis sa création.

Il a paru y avoir quelque intérêt pour l'histoire de notre Corps à insérer ici une liste semblable en ce qui concerne les Ingénieurs des Ponts et Chaussées et nous rappellerons tout d'abord que Perronet, premier ingénieur, a fait partie de l'ancienne Académie des Sciences comme associé libre depuis 1765.

Les éléments de ce tableau nous ont été fournis par M. Cheysson, et nous y avons ajouté les détails contenus dans les deux dernières colonnes.

22 décembre 1882.

1795 à 1839	Riche de Prony	Inspecteur général, directeur de l'Ecole.	Académie des Sciences. Section de Mécanique.
1806 à 1850	Gay-Lussac	Elève ingénieur	Académie des Sciences. Section de Physique générale.
1813 à 1859	Poisson	Elève ingénieur.	Académie des Sciences. Section de Géométrie.
1816 à 1857	Cauchy	Ingénieur ordinaire.	Académie des Sciences. Section de Mécanique.
1817 à 1875	Mathieu	Elève honoraire.	Académie des Sciences. Section d'Astronomie.
1817 à 1843	Chabrol de Volvic	Ingénieur ordinaire.	Académie des Beaux-Arts. Membre libre.
1823 à 1827	Fresnel (Augustin)	Ingénieur en chef.	Académie des Sciences. Section de Physique générale.
1824 à 1836	Navier	Ingénieur en chef.	Académie des Sciences. Section de Mécanique.
1836 à 1843	Coriolis	Ingénieur en chef.	Académie des Sciences. Section de Mécanique.
1839 à 1883	Liouville	Elève honoraire.	Académie des Sciences. Section d'Astronomie.
1843 à 1856	Binet (Philippe)	Elève honoraire.	Académie des Sciences. Section de Géométrie.
1843 à 1880	De Montalivet	Elève honoraire.	Académie des Beaux-Arts. Membre libre.
1862	Vuitry (Adolphe)	Elève honoraire.	Académie des Sciences morales et politiques. Section d'Economie politique.
1862	Bonnet (Ossian)	Elève ingénieur.	Académie des Sciences. Section de Géométrie.
1868	Barré de Saint-Venant	Ingénieur en chef.	Académie des Sciences. Section de Mécanique.
1871	Tresca	Elève ingénieur.	Académie des Sciences. Section de Mécanique.
1871	Mangon	Ingénieur en chef.	Académie des Sciences. Section d'Economie rurale.
1872 à 1878	Belgrand	Inspecteur général.	Académie des Sciences. Membre libre.
1873	De la Gournerie	Inspecteur général.	Académie des Sciences. Membre libre.
1879	Chrétien-Lalanne	Inspecteur général, directeur de l'Ecole.	Académie des Sciences. Section de Mécanique.

11

11

11

11

(N° 7)

NOTE

SUR

LES DÉCISIONS PRISES

PAR

LA CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE BERNE

SUR L'UNITÉ TECHNIQUE DES CHEMINS DE FER

par M. CH. BAUM, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le 16 octobre 1882 s'est réunie, à Berne, une commission internationale composée de délégués des gouvernements et des administrations de chemins de fer de l'Europe centrale, dans le but d'établir des règles et des dimensions fixes pour le matériel roulant, et de faciliter le transit de ce matériel sur les réseaux des États représentés à la conférence.

L'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, la France, l'Italie et la Suisse avaient envoyé des délégués à la conférence.

Le matériel roulant dont les dimensions seront conformes aux règles fixées par la commission internationale pourra, s'il est en bon état d'entretien, passer des rails d'un des États contractants sur les rails d'un autre de ces États.

Nous avons pensé qu'il pouvait y avoir de l'intérêt pour les lecteurs des *Annales* à connaître les décisions prises par la conférence pour arriver à unifier certaines dimensions à adopter dans la construction du matériel roulant. Voici ces décisions :

Maximum Minimum

1° Écartement des essieux extrêmes des wagons de marchandises à construire. (Cette dimension ne s'applique pas aux trucs mobiles.)	—	2 ^m ,500
2° Écartement des roues d'un essieu mesuré entre les plans intérieurs des bandages.	1 ^m ,363	1,357
L'écartement toléré pour le matériel existant est de.	(1,366)	—

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

	Maximum	Minimum
r des bandages..	0 ^m ,150	0 ^m ,103
r tolérée pour le matériel existant. . .	—	0,125
s boudins en tenant compte du dépla- total de l'essieu, l'écartement de la nt de 1 ^m ,44..	0,035	0,015
re entre les bords extérieurs des bou- surée à 0 ^m ,010 en contre-bas des cer- roulement avec un écartement de de ces cercles de roulement.	1,425	1,405
ir des boudins lorsque les roues ont sition normale sur un alignement et un mesurée verticalement à partir du som- rail..	0,035	0,025
sur des bandages des roues de wagon e au point le plus faible de la surface ement.	—	0,020
ues de fonte coulées en coquilles peuvent être employées trafic international avec des wagons non munis de freins. pareils élastiques de traction et de choc doivent exister ix extrémités des châssis de wagon.		
prescription ne s'applique pas aux wagons affectés à des rts spéciaux.		
sur des tampons des véhicules vides, e verticalement du sommet du rail au du tampon.	Maximum 1 ^m ,065	Minimum 1 ^m ,020
uteur maxima tolérée pour le matériel t est de.	1,070	—
'a pas fixé de minimum.		
sur des tampons des véhicules en pleine	—	0,940
eur tolérée pour le matériel existant. .	—	(0,900)
tement des tampons mesuré d'axe en ne paire de tampons.	1,760	1,740
ensions tolérées pour le matériel existant.	(1,800)	(1,700)
être des tampons.	—	0,340
ètre toléré pour le matériel roulant exis-	—	0,300
ce libre compris entre les disques du 1 et les traverses extrêmes du véhicule pièces y faisant saillie, les tampons ser-		

	Maximum	Minimum
rés à fond de course, mesuré parallèlement à la tige de traction.	—	0 ^m ,300
Dimension tolérée pour le matériel existant.	—	(0,250)
15° Saillie des tampons non serrés sur le crochet de traction au repos, mesurée parallèlement à l'axe du véhicule.	0,400	0,300
Dimensionstoléréespourle matériel existant:		
Voitures.	(0,430)	—
Wagons.	(0,430)	(0,223)
16° Longueur des attelages mesurée du front du tampon jusqu'à l'intérieur du maillon d'attelage, l'attelage entièrement étendu (tendeur desserré).	0,550	0,450
Il n'est pas fixé de dimensions pour le matériel existant.		
17° Petit diamètre de la section du maillon d'attelage au point de contact avec le crochet de traction.	0,035	0,030
Dimensionstoléréespourle matériel existant:		
Wagons.	—	(0,025)
Voitures.	—	(0,022)
18° Tous les véhicules doivent être munis à chaque extrémité d'attelages de sûreté pour éviter une coupure du train en cas de rupture de l'attelage principal. Les chaînes de sûreté prescrites presque partout aujourd'hui peuvent être remplacées par un attelage central de sûreté. Les véhicules munis de cet attelage de sûreté devront pouvoir être accrochés aux wagons munis de chaînes de sûreté.		
19° Distance minima entre la surface supérieure du rail et la partie la plus basse d'un attelage non tendu qui ne peut pas être relevé ou accroché, avec charge complète du wagon (0 ^m ,075).		
20° Toutes les voitures et tous les wagons doivent être munis de ressorts de suspension.		
21° Les manivelles des freins doivent être disposées de façon que pour serrer les freins le mouvement ait lieu vers la droite (comme le mouvement des aiguilles d'une montre).		
22° Les vigies devront être construites de façon que dans le cas où deux vigies seraient en face l'une de l'autre, toute la paroi extrême de la vigie soit à l'intérieur de la surface des tampons serrés à fond de course.		
Distance horizontale minima de la paroi de la vigie au plan		

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

et des tampons. 0^m,040

est pas fixé de limite pour le matériel existant.

ne véhicule devra porter les indications suivantes :

nom de l'administration du chemin de fer propriétaire;

numéro d'ordre ;

aire, y compris les roues et les essieux;

capacité de chargement; les voitures à voyageurs ne sont
isées à cette prescription.

artement des essieux, lorsqu'il est supérieur à 4^m,50.

scription ne s'applique qu'au matériel à construire.

indication spéciale lorsque les essieux peuvent se dépla-
lement.

ensions maxima et minima indiquées dans les alinéas qu
t s'appliquent aussi bien au matériel existant qu'au maté-
struire ultérieurement, sauf cependant les dimensions
tre parenthèses, qui ne sont admises que pour le matériel
u moment où les prescriptions ci-dessus seront mises en
ar les États contractants.

férence a décidé en outre, à la majorité des voix, que
ent de la voie, en alignement droit, devait être fixé pour
ou voies à construire ou à réfectionner, au maximum, à
au minimum, à 1^m,435 entre les bords intérieurs des

nimité, la conférence a reconnu l'utilité de fixer un profil
général (gabarit) pour tous les véhicules.

ndant que ce gabarit-type puisse être déterminé d'après
gnements que le Conseil fédéral a été invité à demander
s États représentés, la conférence a reconnu qu'un gaba-
rgement qui, à partir de 1^m,30 au-dessus des rails, a une
e 3 mètres, et qui est terminé par un demi-cercle de
rayon avec une hauteur de 4^m,15 au-dessus des rails,
ser sans obstacle sur tous les chemins de fer des États
lés.

a conférence a exprimé le vœu qu'on adopte, pour les
lu trafic international, une fermeture uniforme pour le
en douane, ainsi qu'une clef uniforme pour la fermeture
s des voitures du service international.

cisions prises par la conférence de Berne de 1882 n'entre-
igneur que lorsqu'elles auront été approuvées par tous
représentés à cette conférence.

en décembre 1882.

N° 8

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

1882

OUVRAGES ANGLAIS.

ALDIS (W. S.). — Introductory Treatise on Rigid Dynamics. Post 8vo, pp. 124. Bell and Sons. 4/

Introduction à la mécanique des corps rigides.

BESANT (W. H.). — Hydromechanics (A. Treatise on), by W. H. Besant, M. A., F. R. S. Fourth Edition, revised and enlarged. by Mr. J. Calvert (Manchester).

Traité d'hydromécanique.

BLOXAM (Charles Loudon). — Metals: their Properties and Treatment. New edit. partially rewritten and augmented by Alfred K. Huntington. Cr. 8vo, pp. 464, cloth. 5s.

Les métaux; leurs propriétés et leur traitement.

BROWN (C.). — The Foundations of Mechanics. Reprinted from the Engineer. 12mo, s. d., pp. 74. Griffin. 1/

Fondements de la mécanique.

BURGH (N. P.). — Link Motion and Expansion Gear practically considered. With an Appendix bringing the Information down to the present time. London, 1881. 4°. Mit 90 Taf. u. 229 Holzschn. 36m.

Mouvement de la coulisse et du mécanisme de détente considéré au point de vue pratique.

BURNES (W.). — Practical River Reform in Drainage and Navigation, in Water-Power and Irrigation, in Warping Land and

DÉMOIRES ET DOCUMENTS.

W. Burness, Agricultural Engineer. 1882. 1^{re} édition.
des rivières, en ce qui regarde le drainage.

A. W. PARRON. — The Theory of Equations
tion of binary algebraic Forms. Dublin, 1883.
. 5s.
iations.

atise on Mathematics as Applied to the Con
d edit. revised and enlarged by the Author
ale's Series). 3s.
appliquées aux arts de la construction.

A Practical Treatise on the Joints Made an
in the Construction of Various Kinds of Engi
itectural Works. With especial reference to
Artificers in erecting and furnishing Habitabl
upwards of 160 Engravings on Wood. 12mo,
eries). 3s.

de la confection des joints employés par les
s différentes espèces de travaux.

Mathematical Papers. Edited by Rbt. Tucker,
on by H. J. Stephen Smith. London, 1882, 8vo,

athématiques.

— The Constant Supply and Waste of Water.
xon, C. E. 1882. 6d.
constante et la perte de l'eau.

pt.). — The combination of Steam-heating for
s. By Capt. Douglas Galton, C. B. 1881. 6d.
du chauffage à la vapeur pour les villes et les

Villiams T.). — The Eddystone Lighthouses (New
count of the Building and General Arrange-
Tower; with an Abridgment of Smeaton's
uilding of the Old Tower. 8vo, s. d, pp. 182.

dystone.

ll. Report of Committee and Evidence. 3s.
Farrer (Boar of Trade). — Town Clerks

Manchester, Blackburn, Liverpool. — Sir Fred. J. Bramwell. — W. Spottiswoode, — Dr. Siemens — E. Johnson — R. Crompton and others.

Loi sur l'éclairage électrique.

Rapport du comité et dépositions.

FAWKES (F. A.). — Hot Water Heating on the Low Pressure System. Comprising some of the Principles involved, an Explanation of the Apparatus and its Parts; also its Application to Buildings of Various Descriptions. Post 8vo, Bds., pp. 78. B. T. Batsford. 1/.

Chauffage à l'eau chaude sous basse pression.

GREEN (A. H.). — Geology. Part 1. Physical Geology. 3rd. and enlarged ed. With Illustrations. 8vo, pp. viii. Rivingtons. 21/.

Géologie. 1^{re} partie : Géologie physique.

HARCOURT (L. F. V.) — A Treatise on Rivers and Canals, relating to the Control and Improvement of Rivers, and the Design, Construction and Développement of Canals. 2 vols. London, 1882, 8°. 24m.

Traité des rivières et des canaux.

KELLAND (P. and Tait P. G.). — Introduction to Quaternions. With numerous Examples. 2nd ed. Post 8vo, pp. 260. Macmillan. 7/6.

Introduction aux quaternions.

LEWIS W. LEEDS. — A Treatise on Ventilation. Showing the great Want of Improved Methods of Ventilation in our Buildings, giving the Chemical and Physiological Process of Respiration, comparing the Effects of the Various Methods of Heating and Lighting upon Ventilation. By Lewis W. Leeds. With three coloured Plates. Third edition, 8vo. cloth, pp. vi. and 226, Price 7s. 6d.

Traité de ventilation.

Metropolitan Sewage. Report by Captain Calver, R. N., F. R. S., on the discharge of Metropolitan Sewage into the River Thames, at Barking Creek and Crossness. 1877. Maps. 2s. 6d.

Les Égouts métropolitains. Rapport par le capitaine Calver.

MICHIE (P. S.). — Elements of Wave Motion Relating to Sound and Light : A Text-book prepared expressly for the Use of the Cadets of the U. S. Military Academy, West-Point. Illust. 8vo. New-York. 25/.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

ements du mouvement ondulatoire, dans ses rapports avec
n et la lumière.

LS (S.). — *Steam Tramways. Steam on Common Roads.* By
cholls, C. E. 3d.

amways à vapeur. La vapeur sur les routes ordinaires.

..V.). — *Manual of the Railroads of the United States for 1882.*
Year. 8vo, pp. 1 000. New-York. 25/.

uel des chemins de fer des États-Unis pour 1882.

e (W. J. M.). — *A Manual of the Steam Engine and other
e Movers.* 10th edit. revised by W. J. Millar. Post 8vo,
26. 128. 6d.

ité des machines à vapeur.

ns (Michael). — *Continuous Railway Brakes : A Practical
ise on the Several Systems in Use in the United Kingdom,
Construction and Performance, with copious Illustrations
numerous Tables.* Post 8vo, pp. 326. Crosby Lockwood. 9/.
ins continus sur les chemins de fer. — *Traité pratique des
s systèmes en usage dans le Royaume-Uni.*

lenri Ling). — *Notes on Continental Irrigation.* With Plates.
pp. 38. Simpkin. 5/.

es sur les irrigations du continent.

(J. B.). — *The Concepts and Theories of modern Physics.*
on, 1882. 8vo. 514 pp. 6m.

conceptions et les théories de la physique moderne.

· (W. F.). — *Experimental Researches into the Properties
otions of Fluids, with theoretical deductions therefrom.*
on, 1881. 8vo. 562 pp. 18m.

cherches expérimentales sur les propriétés et le mouve-
des fluides.

(Georges-Gabriel). — *Mathematical and Physical Papers.* By
re Gabriel Stokes, M.A., D. C.L., LL. D., F. R. S. Reprinted
the Original Journals and Transactions, with Additional
by the Author. Vol. II.

noires de physique et de mathématiques. Tome II.

on (C. E.). — *A few Remarks on Railway Accidents, their
and prevention.* By C. E. Stretton. 2nd edit. 1882. 1s.

iques remarques sur les accidents de chemins de fer, leur
et les moyens de les prévenir.

SWANK (J. M.). — Statistics of the American and Foreign Iron Trades in 1881, 8vo, s. d., pp. 99. Philadelphie 10/6.

Statistique du commerce du fer en Amérique et à l'étranger.

THOMPSON (Silvanus P.). — Elementary Lessons in Electricity and Magnetism. New ed. 8vo, pp. 464. Macmillan. 4/6.

Leçons élémentaires d'électricité et de magnétisme.

THOMSON (Sir W.). — Mathematical and Physical Papers. By Sir W. Thomson, LL. D. DC. L., F. R. S. Collected from different Scientific Periodicals from May 1841, to the Present time. Vol. II.

Mémoires de physique et de mathématiques. Tomes I et II.

TYNDALL (John). — Six Lectures on Light, delivered in the United States in 1872-73. 3rd ed. 8vo, pp. 272. Longmans. 7/6.

Six leçons sur la lumière.

WATHERSTON (E. J.). — The Water Supply of the Metropolis. Addresses to the Delegates from the Vestries and District Boards of the Metropolis. By E. J. Watherston. 1879. 1s.

Distribution d'eau de la métropole, par E. J. Watherston.

CROOKES, ODLING and TIDY. — Water Supply. Report on the composition and quality of daily samples of the Water supplied to London during October and November 1881. By Crookes, Odling and Tidy. 6d.

Distributions d'eaux. Rapport sur la composition et la qualité des échantillons journaliers de l'eau fournie à Londres en octobre et en novembre 1881, par Crookes Odling et Tidy.

ROWBOTHAM (Geo. A.). — On the Supply of Water to London. By Geo. A. Rowbotham, 1879. 1s.

L'eau fournie à Londres, par Geo. A. Rowbotham.

WATKIN (Sir Edward). — The Channel Tunnel, Bt., M. P. 1882. 1s.

Le tunnel sous-marin.

WHARLON (W. J. L.). — Hydrographical Surveying : a Description of the Means and Methods employed in Constructing Marine Charts. 8vo. pp. 360. 15s.

Levers hydrographiques. Description des systèmes et méthodes employés dans la construction des cartes marines.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

OUVRAGES ALLEMANDS.

1). — Ueb. Zahnradbahnen im Allgemeinen. Modificirtes Zahn-System m. Oberbau u. Fahrbetriebsmitteln zum der möglichsten Anschmiegg. an das Terrain u. Reduktion der Anlagekosten. 4. Wien (Lehmann und Wentzel).
3 roues d'engrenage en général.

2.). — Die Asphalt-Strassen. Beschaffung der Rohmaterialien, Bau der Fahrdämme und Fusswege. Reinigung und Wiederherstellung der Asphalt-Strassen mit allen Hilfsgeräthschaften, etc. 1882. Bohné. 8°. IV, 207 pp. 10m.
des pavées en asphalte.

3.). — Ueber Elektricität. Versuch einer neuen Darstellung der elektrischen Grunderscheinungen. I. Thl. Prag, 1882. J. Borovy. 8°. 96 pp. Mit eingedr. Holzschn. 2m. 20.
électricité. Essai d'une exposition nouvelle des phénomènes électriques fondamentaux.

4.). — Die allgemeine Functionentheorie. I. Thl. Leipzig, 1882. H. Burkhardt. 8°. 96 pp. Mit eingedr. Holzschn. 2m. 20.
sique u. Theorie der mathemat. Grundbegriffe : Grösse, Argument u. Function. Tübingen, Laupp.
e générale des fonctions.

5.). — Elemente der Theorie der Functionen e. complexen Variablen. 3. Aufl. Leipzig. Teubner.
nts de la théorie des fonctions d'une variable complexe.

6.). — Die arithmetische Integration der Dämme und der Böden. Ein auf analytischer Grundlage beruhendes Abkürzungsverfahren der Erdberechnung bei beliebig geformtem Terrain, nebst einem Anhang über Berechnung der Grund- und Seitenflächen und der Trägheits. Momente irregulärer Figuren. Wien, 1882. Bloch und Hasbach. 8°. 123 pp. Mit 4 Taf. 4m. 80.

Integration arithmétique de déblais et remblais.

7.). — Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien. Unter Berücksichtigung der Construction dargestellt. Wien, 1882. J. B. Zerkow. 8°. xiv, 263 pp. Mit 54 Holzschn.-Abbildgn. 3m.
machines magnéto et dynamo-électriques et les batteries secondaires.

GÜNTHER (Sgm.). — Parabolische Logarithmen und parabolische Trigonometrie. Eine vergleichende Untersuchung. Leipzig, 1882. Teubner. 8°, iv-99 pp. Mit eingedr. Holzschn. 2m. 80.

Logarithmes paraboliques et trigonométrie parabolique.

HANKEL (W. G.). — Elektrische Untersuchungen. XV. Abhandlung. Ueber die aktino-und piezoelektrischen Eigenschaften des Bergkrystalles und ihre Beziehung zu den thermoelektrischen. Mit 4 lith. u. color. Taf. [Aus: "Abhandlungen der k. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften."] Leipzig, 1881. Hirzel. 8°, 92 pp. S. 1879. Nr. 3183. 2m.

Recherches électriques. 15^e mémoire.

HINTZ (L.). — Die Baustatik. Ein elementarer Leitfaden, zum Selbstunterricht und zum praktischen Gebrauch für Architekten, Baugewerksmeister und Schüler bautechnischer Lehranstalten bearbeitet. Mit 1 lith. Taf. u. 245 in den Text abgedr. Abbildgn. Weimar, 1882. B. F. Voigt. 8°, xvi-308 pp. 7m.

Statique des constructions

HOHMANN (F.). — Beschreibung, Theorie und Gebrauch des Präcisions-Polarplanimeters [Patent Hohmann und Coradi]. Karlsruhe, 1882. [Erlangen, Deichert.] 8°, 46 pp. Mit 1 Steintaf. 2m.

Description, théorie et usage du planimètre polaire de précision.

HOLZMÜLLER (G.). — Einführung in die Theorie der isogonalen Verwandtschaften u. der conformen Abbildungen, verbunden m. Anwendgn. auf mathemat. Physik. Leipzig, Teubner.

Théorie des transformations isogonales et des représentations conformes des surfaces.

JANICKI (S.). — Die verschiedenen Methoden zur Verbesserung der Schiffbarkeit v. Flüssen in Deutschland, Frankreich, Russland, etc. Bearb. v. Klett. 4. Hannover, Kniepsche Buchh.

Les différentes méthodes employées pour améliorer la navigabilité des rivières en Allemagne, en France, en Russie, etc.

LIEBISCH (Th.). — Geometrische Krystallographie. Mit 493 Holzschn. Leipzig, 1881. Engelmann. 8°, xii-464 pp. 12m.

Cristallographie géométrique.

KRONECKER (L.). — Grundzüge e. arithmetischen Theorie der algebraischen Grössen. 4. Berlin, G. Reimer.

Fondements d'une théorie arithmétique des quantités algébriques.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

- Anleitung zum Tracieren v. Eisenbahnlinien f. *maître*. Weimar, B. F. Voigt.

ou au tracé des lignes de chemins de fer.

- Die Bewegung eines Körpers in einer aus zwei Ellipsoiden gebildeten Schale unter dem Einfluss und der Anziehung der Schale. Inaugural-Dissertation, 1880. [Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht.] 1.

et d'un corps dans une couche limitée par deux couches homogènes, sous l'influence de la pesanteur et de la couche.

— Substitutionentheorie und ihre Anwendung auf die Algebra. Leipzig, 1881. Teubner. 8°, VIII-290 pp. 6m.80.
des substitutions et son application à l'algèbre.

— Vorlesungen über neuere Geometrie. Leipzig, 1881. 8°, VI-202 pp. Mit eingedr. Holzschn. 4m.
géométrie moderne.

Untersuchungen über die Riemann'sche Thetaformel und die Riemann'sche Charakteristikentheorie. Leipzig, 1882. 8°, VIII-111 pp. 6m.

sur les formules *théta* de Riemann et la théorie arithmétique de Riemann.

Ueber die Principien der neueren Hydrodynamik. Leipzig, 1882. Mohr. 8°, 43 pp. 1m. 20.
principes de l'hydrodynamique moderne.

BUDENBERG.—Ueber Indicatoren und deren Verwendungsart bei Dampfmaschinen und Arbeitsmaschinen. Leipzig, 1882. [Berlin, Polytechn. Buchh.] 8°, III-12 eingedr. Fig. 5m.

Indicateurs et leur emploi dans les épreuves des machines à vapeur et des machines-outils.

— Die Gasmaschine. Versuch der Darstellung des Kreisprocesses und ihres Kreisprocesses. Mit 14 lith. Tafeln. Braunschweig, 1882. Goeritz und zu Putlitz. 8°, IV-60.
machines à gaz.

— Gesammelte Werke. 2. (Schluss-) Bd. Hrsg. v. Dr. G. Heimer. Berlin, G. Heimer.
complètes publiées par Weierstrass.

WEINMEISTER. — Ueber die Drehung eines homogenen, rechtwinklig-parallelepipedischen Stabes um eine verticale Axe. London, 1879. Hinrich's Sort. 4°, 31 pp. 1m.50.

Sur la rotation autour d'un axe vertical d'une verge homogène, ayant la forme d'un parallépipède rectangle.

WIEDEMANN (Gst.). — Die Lehre von der Elektrizität. I. Bd. Mit zahlreichen Holzst. u. 2 lith. Taf. Braunschweig, 1882. Vieweg und Sohn. 8°, xi-795 pp. 20m.

Electricité. Tome 1^{er}.

WITTMANN (W.). — Statik der Hochbauconstructionen. 2. Thl.: Holzconstructionen. München, Rieger.

Statique des constructions. 2^e partie. Constructions en bois.

ZÖLLNER (F.). — Erklärung der universellen Gravitation aus den statischen Wirkungen der Elektrizität und die allgemeine Bedeutung des Weber'schen Gesetzes. Mit Beiträgen von W. Weber, nebst einem vollständigen Abdruck der Original-Abhandlung:

Sur les forces qui régissent la constitution intérieure des corps. Aperçu pour servir à la détermination de la cause et des lois de l'action moléculaire, par O. F. Mossotti. Mit dem Bildnisse Newton's in Stahlst. Leipzig, 1882. Staackmann. 8°, xvi-112 pp. 5m.

Explication de la gravitation universelle à l'aide des actions statiques de l'électricité. — Signification générale de la loi de Weber.

ZUGE. — Ueber die Bewegung eines materiellen Punktes auf vorgeschriebenen Curven und cylindrischen Flächen unter Einwirkung einer Attraktionskraft. Lingen, 1882. Van Acken. 4°, 26 pp. 2m.

Du mouvement d'un point matériel sur des courbes données et des surfaces cylindriques, sous l'influence d'une force d'attraction.

OUVRAGES ITALIENS.

BATTAGLINI (G.). — Sulle forme quaternarie bilineari. Roma, 1882. 4°, 25 pp. 2 m 40 d.

Sur les formes quadrilinéaires.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

1.). — *Meccanica umana*. Bologna, F. G. Vallat. Treves lib. in-8, pag. xmi-239, con atlante.

humaine.

igenio). — *Sull' equilibrio delle superficie flessibili : memoria*. Bologna, tip. Gamberini e Parpag. 51.

des surfaces flexibles et inextensibles.

— *Le volte del nostro duomo ; MDCCCLXXXI*. Milano, C^a. In-8, pag. 21. — L. 1

um. 3069,

1 Dôme de Milan.

eppe). — *L'impianto e l'esercizio dei tramways di Milano ; dati tecnici e statistici, con 10 tavole* 10, U, Hoepl edit. (tip. Bernardoni di C. Rebes-
pag. 272. — L. 12.

on et l'exploitation des tramways dans la pro-

Costruzioni ferroviarie per conto diretto dello
sicule. — Notizie sulla costruzione della linea
dermo, tip. Bizzarrilli. In-4, pag. 52.

de chemins de fer pour le compte direct de
le fer de la Sicile.

G. A.) — *Trattato di geometria intuitiva*. Torino,
t. (tip. Bona). In-16, pagine 80, con numerose
nel testo. — L. 1 50.

nétrie intuitive.

— *Telemetri a prisma del sistema Weldon*. Roma,
1881. In-8, pag. 19, con tavola.

ig. e genito, p. II. 1881.

risme du système Weldon.

— *Di un nuovo sistema d'illuminazione elettrica e*
macchina dinamo-elettrica a correnti continuate.
Carlo tip. 1881. In-8, pag. 23, con tav.

u système d'éclairage électrique et une nouvelle
-électrique à courants continus.

sertiazione sul regolamento dei torrenti. Napoli,
Mit 4 Taf. 4 m. 20 d.

ar la régularisation des torrents.

CAVALLI (E.). — Introduzione alla meccanica. Elementi di cinematica ad uso delle scuole di applicazione per gl' ingegnori. Milano, U. Hoepli lib.-edit. (Livorno, tip. Meucci). In-8, pag. xvi-180, con 66 fig. — L. 5.

Introduction à la mécanique. Éléments de cinématique théorique.

CAVAZZI (ing. Alfredo). — Conferenza sperimentale sulle acque dei pozzi di Bologna. Bologna, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8, pag. 10.

Conférence expérimentale sur les eaux des puits de Bologne.

CHICCHI (P.). — Procedimenti per le prove della solidità delle travate metalliche per il calcolo delle frecce teoriche e di un nuovo strumento per la misura delle frecce effettive. 1^a. Appendice al Corso teorico-pratico sulla costruzione dei ponti metallici. Padova, 1882. 4^o, 49 pag. Mit Taf. 3 m. 50

Procédés pour éprouver la résistance des travées métalliques, pour calculer les efforts théoriques, et instrument nouveau pour mesurer les forces effectives.

CHICCHI (prof. Pio). — Corso teorico-pratico sulla costruzione dei ponti metallici, ad uso degli allievi delle scuole d'applicazione degli ingegneri e costruttori. Padova, Angelo Draghi libr.-edit. (tip. Prosperini), 1881. In-8 gr., pag. 625, con 500 fig. intercalate ed. un atl. di 52 tav. in-fogl. gr. — L. 60.

Cours théorico-pratique sur la construction des ponts métalliques, à l'usage des élèves des écoles d'application d'ingénieurs et de constructeurs.

CIALDI (Alessandro). — Soluzione di due questioni idraulica marittima : nota. Roma, tip. e libr. del Genio civile, 1881. In-8, pag. 10.

Solution de deux questions d'hydraulique maritime.

CIALDI (Alessandro). — Intorno la soluzione di tre problemi all'idraulica marittima appartenenti, e a proposito di un'accusa. Roma, tip. delle Scienze matem. e fisiche. 1881. In-4, pag. 58.

Introduction à la solution de trois problèmes appartenant à l'hydraulique maritime.

CORRADINI (ing. F.). — Sull' impiego delle superficie metalliche di riscaldamento armate di coste o nervature. Torino, tip. Camilla e Bertalero. In-8, pag. 10.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

oi des surfaces métalliques de réchauffement
tes ou nervures.

.). — Sulla formazione delle stretto di Messina: nota.
zionale. In-8. pag. 37, con carta geologica e tavolai

o del R. Comitato Geologico, anno 1882, N. 1-2.

ation du détroit de Messine.

ni). — Risultati di esperienze sulle resistenze de
vino, Ermanno Loescher (stamp. reale di I. Vigliardi).

d'expériences sur la résistance des matériaux.

— La teoria dinamica del calore e le sue conse-
lo stato presente ed avvenire del l'universo : dis-
i, tip. del Corriere. In-8, pag. 55.

dynamique de la chaleur et ses conséquences pour
et l'avenir de l'univers.

io). — L'acustica applicata alla costruzione delle
ttacoli e pubbliche adunanze. Torino, tip. e lit.
tolero. Edit. in-8, pag. viii-176, con 43 fig. nel testo.

ie appliquée à la construction des théâtres et des
publics.

ing. Luigi). — Sulla ferrovia del S. Gottardo : cenni
Relazione del viaggio compiuto nel 1881 dagli
Scuola superiore per gl'ingegneri. Napoli, presso
a lib.-edit. (tip. del l'Accademia delle Scienze). In-4,
. 8. — L. 3 50.

de fer du Saint-Gothard.

- Sulla ferrovia del S. Gottardo. Napoli, 1882. 4°,
Taf. 4m. 20.

nin de fer du Saint-Gothard.

— Di uno strumento destinato a misurare l'intensità
Genova, tip. Benvenuto, Morando e C°. Edit. in-8,

strument destiné à mesurer l'intensité de la pesan-

GILETTA LUIGI. — Lezioni di Geodesia. 2 vol. in-8 con atlante di 20 carte. » 15.

Leçons de géodésie.

DE LUCCHI (dott. Guglielmo). — Di alcune applicazioni del telefono alle misurazioni elettriche. Venezia, tip. M. Fontana. In-8. pag. 23.

Dall' *Ateneo Veneto* serie V, n. 3-4.

Quelques applications du téléphone aux mesures électriques.

MIGLIETTA (C.). — Sulle vetture a vapore (steam-cars): studii. Mortara, tip. e libr. di Paolo Botto. In-8, pagine 49 e tav. — L. 2.

Etudes sur les voitures à vapeur.

MODIGLIANO (ing. Cesare). — Sull' applicazione della statica grafica allo studio dei progetti di navi: Studii. Pisa, tip. Pieraccini. In-8, pag. 19.

Sur l'application de la statique graphique à l'étude des projets de navires.

MORERA. — Sopra una formula di meccanica analitica.

Sur une formule de mécanique analytique.

Norme pratiche per la costruzione dei tramways, tanto esercitati con cavalli che con locomotive; con incisioni intercalate nel testo. Milano, Galli, edit. (tip. Cogliati). In-8 gr., pag. 175. — L. 4 50.

Règles pratiques pour la construction des tramways à traction de chevaux ou de locomotives.

PONZETTI (Angelo). — Il lago di Garda e le irrigazione dell' agro Cremonese; piano d'abbozzo di un nuovo canale da Borghetto-Valeggio a Casalbuttano: Studio. Milano, tip. Nazionale. In-8, pag. 20.

Le lac de Garde et les irrigations de la plaine de Crémone.

PUNTURO (Biagio). — Delle strade vicinali: rivista di giurisprudenza. Caltanissetta, tip. Punturo. In-16 grande, pag. 252. — L. 5.

Des chemins vicinaux, revue de jurisprudence.

RAZZABONI — Del moto dell' acqua per vasi discontinui.

Du mouvement de l'eau dans des vases discontinus.

RESIO (Carlo). — Indicatore telefonico applicato alle macchine motrici. Roma, tip. Farzani e C^a. In-8, pag. 14.

Dalla *Rivista marittima*, luglio-agosto 1882.

Indicateur téléphonique appliqué aux machines motrices.

RESPIGHI (L.). — Esperienze fatte al R. Osservatorio del Campidoglio, per la determinazione del valore della gravità. Roma, E. Loescher (tip. Salviucci). In-4, p. 26. — L. 4.

Expériences faites à l'observatoire royal de Campidoglio pour déterminer la valeur de la gravité.

RICCI (dott. G.). — Sulla funzione potenziale di conduttori di correnti galvaniche costanti; Ricerche.

Sur la fonction potentielle des courants galvaniques constants.

RUFFINI — Dell' ellissoide del Culmann in alcuni casi particolari.

De l'ellipsoide de Culmann dans quelques cas particuliers.

RUFFINI (prof. F. P.). — Dell' ellissoide del Culmann : memoria. Bologna, tip. Gamberinie Parmeggiani. In-4, pag. 36.

Dalla Serie IV, tomo III delle Mem. dell' Accad. delle scienze, dell' Ist. di Bologna, 1841.

Mémoire sur l'ellipsoïde de Culmann.

SCOTTI (Antonio). — Monografia delle acque del fiume Tormo. Milano, tip. L. Bortolotti e C^a. In-8, pag. 30.

Monographie des eaux du fleuve Tormo.

SEBASTIANO TESSITORE. — Sull' effetto della marea montante e dei venti dominante che impediscono il libero defluso della piena dei fiumi nel mare, come degl' influenti nel fiume principale : Memoria del ing. Cav. Sebastiano Tessitore, professore d'idraulica nella R. scuole d'applicazione per gl' Ingegneri di Napoli.

Extrait des actes de l'Institut royal d'encouragement aux sciences naturelles, économiques et chronologiques (séance du 5 mars 1881).

De l'effet sur la marée montante du vent dominant, qui empêche le libre écoulement des eaux des fleuves à la mer, et de son influence dans les principaux fleuves.

STRADA (generale E.). — Progetto, della sistemazione del Tevere, e il bonificamento dell' Agro Romano mediante canali a differenti livelli. Roma, tip. Civelli. In-8, pag. 31, con due disegni. — L. 1 30.

Projet de régularisation du Tibre et amélioration de la Campagne Romaine au moyen de canaux à différents niveaux.

TESSARI. — La teoria del ombre e del chiaro-scuro, ad uso delle Università, delle Scuole d'applicazione per gli Ingegneri, ecc., ecc.
— 2 fogli in-8. — L. 15.

La théorie des ombres et du clair-obscur.

VERONESE (prof. G.). — Sulla geometria descrittiva a 4 dimensioni (con tre tavole).

Sur la géométrie descriptive à 4 dimensions.

ZANOTTI BIANCO. — Il problema meccanico della figura della terra.
— 1 vol. in-8, — L. 8 C.

Le problème mécanique de la figure de la terre.

ZUCCHETTI (prof. Ferdinando). — Principii di geometria proiettiva e loro applicazione alle linee ed alle superficie di secundo ordine. Torino, tip. Negro. In-8, 2 vol., testo e tavole. — L. 10.

Principes de géométrie projective et application aux lignes et surfaces du deuxième ordre.

N^o 9

PRIX DÉCERNÉS

PAR DÉCISION MINISTÉRIELLE DU 24 JANVIER 1883,
conformément à la circulaire du Directeur général des Ponts et Chaussées
du 28 janvier 1835,

AUX AUTEURS

des meilleurs mémoires publiés dans les Annales des Ponts et Chaussées
EN 1881.

MÉDAILLE D'OR DE 600 FRANCS

A M. de Tournadre, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
pour sa *Notice sur le canal du Verdon*.

MÉDAILLES D'OR DE 300 FRANCS :

1^o A M. Crepin, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées,
pour son *Étude sur le dessèchement des pays watringués du nord de*
la France pour l'écoulement des eaux nuisibles à la mer;

2^o A M. G. Liébeaux, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées pour sa *Note sur les fondations à l'air libre et à l'air comprimé ;*
emploi du caisson batardeau divisible et mobile.

MENTIONS HONORABLES :

1^o A M. de Lagrené, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
pour sa *Note sur la poussée des terres avec ou sans surcharges*;

2^o A M. Vigan, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées pour
son *Étude sur la Méditerranée*.

N° 10

ATIONS A L'AIR COMPRIMÉ

D'UN

LA GARONNE A MARMANDE

ÉJOURNÉ, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

fer de Marmande à Mont-de-Marsan fran-
à 1 500 mètres en aval de Marmande, sur
onnerie de 682^m,90 de longueur compre-

6 mètres (grand pont) à la traversée du lit
largeur entre berges est de 195 mètres,

décharge de 26 mètres sur la rive gauche
béra) et 4 semblables sur la rive droite.

15 arches et 26 fondations comportant un
2,671 et une dépense de 763 098^f,40.

iles et les deux culées du grand pont ont été
issons métalliques avec hausses, — les
s piles du viaduc de rive gauche et la culée
droite, sur caissons métalliques sans haus-
dernières piles et la culée du viaduc de rive
s piles de celui de rive droite, sur cham-
constituées par une voûte en maçonnerie
rouet.

3 mémoire est de rendre compte des tra-
ix de revient des six fondations du grand

pont, et des seize fondations du viaduc de Canabéra (rive gauche), exécutées à l'air comprimé, d'août 1880 à novembre 1881, comportant un cube, au-dessous de l'étiage, de $9\,129^{\text{m}^3},24$ et une dépense à l'entreprise, de $661\,445^{\text{f}},36$,

CHAPITRE PREMIER.

SOL DE FONDATION. — CHOIX DU SYSTÈME DE FONDATION.

Sol de fondation (voir Pl. 3). — Le terrain avait été reconnu par neuf sondages de $0^{\text{m}},21$, poussés à une profondeur au-dessous de l'étiage de $16^{\text{m}},65$ à $31^{\text{m}},40$, exécutés dans le courant de 1879 par la maison Lippmann (*). De plus, comme, dans le cas de terrains argileux les procédés Degousée renseignent mal sur les propriétés physiques des couches traversées, on a foncé par épuisement jusqu'au tuf, à travers 8 mètres de gravier et sous une charge d'eau de 7 mètres, un puits blindé de 4 mètres sur 2 mètres (**).

(*) On trouvera dans la note A, à la suite de ce mémoire, les principaux renseignements relatifs à l'exécution de ces sondages (clauses du marché, prix de revient, etc).

(**) Le système consistait à faire descendre un caisson avec bordage calfaté, fortement chargé à sa partie supérieure, formé d'une série de caissons de 1 mètre de hauteur, boulonnés l'un sur l'autre au fur et à mesure de la descente : le bordage était formé de voliges à languettes clouées sur 2 cadres boulonnés avec les 4 poteaux corniers. Des saucissons d'osier, qui descendaient avec le caisson, réduisaient le frottement latéral : on a pu ainsi, avec 2 locomotives de 4 et 10 chevaux, arriver à $0^{\text{m}},60$ du tuf ; les vitesses considérables qui se produisaient alors sous la semelle du caisson affouillaient le tuf, et empêchaient de l'atteindre. Après plusieurs essais infructueux d'étanchement, on fit descendre des tubes en tôle de $1^{\text{m}},40$ de diamètre, qu'on appuyait sur le tuf à l'aide d'une vis de presseur établie à la partie supérieure.

Les dépenses se sont élevées à la somme énorme de $16\,147^{\text{f}},38$, non compris l'argent perdu en essais infructueux d'étanchement.

Fonçage du caisson. . .	{ Epuisements.	4 917 ^f ,27
	{ Fonçage (fournitures et main-d'œuvre).	7 151 76

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

profondeur en contre-bas de l'étiage variant de 4 m, es s'étend une couche de marne jaune, sableuse, f, rayée par places de filons bleuâtres, et contenant des amandes de grès calcaire en formation (*).

Cet horizon appartient à l'étage de la mollasse marion-sadaise (éocène moyen), et fait partie du bassin sous-pyrénéen, dont les couches, lacustres au sud-est, marines vers l'ouest (**), constituent, avec les autres, des séries physiques peu différents au point de vue des fondations, les fonds des vallées de la Garonne, du Lot après Libos, du Tarn en aval d'Albi, de la Dordogne depuis Mouleydier.

Le terrain est recouvert d'alluvions récentes (galets, graviers, sables), d'une épaisseur variant de 0^m,30 (pile 4 du grand pont), à 1^m,80 (pile 1 du viaduc, rive gauche). C'est un terrain incompressible, (portant 85 kilos par 0^m,01² de surface, sans déformation sensible) — étanche à l'eau et à l'air comprimé et se délitant à l'air, — lentement affouillé par les pieux, s'étoilant sous le battage des pieux, qui n'y péné-

Les tubes en tôle	{	Epuisements.	1 632 ¹ ,48
		Tubes.	869 40
		Main-d'œuvre et fournitures diverses	1 576 47

Le caisson est beaucoup plus rapide et moins cher (350 à 400 francs le mètre cubé) que le caisson à l'air comprimé un caisson circulaire de 1^m,50 de diamètre, de 0^m,70 (voir M. Zschokke — Fondations à l'air comprimé,

sur l'Exposition de 1878, en ce qui concerne les mines (p. 269-270).

Pour le pont du Fourc sur la Garonne (ligne de Toulouse à Bayonne), on a constaté, en 1876, que le fond du lit s'était abaissé en moyenne de 1 mètre de 1812 à 1876, soit de 0^m,10 par an. Pendant cette même période, il s'était produit des affouillures, sur la Garonne (même ligne), aux piles 2 et 3 des cavités de 2 mètres de profondeur, pénétrant jusqu'à 2 mètres sous les massifs de fondation. A l'aval (à 100 mètres en amont du pont de Marmande), la berge est à une hauteur de 19 mètres (6 au-dessus, 13 au-dessous de l'étiage). Avant le pont de Marmande, la berge droite a reculé de 185 mètres de 1812 à 1827, et de 55 mètres de 1827 à 1876. (Notice sur les travaux de la M. Baumgarten. *Annales* 1878.)

trent que de 1 mètre à 1^m,50 en soulevant des dalles de 1 mètre à 1^m,50 de côté (*).

Régime de la Garonne. — La hauteur moyenne annuelle des eaux de la Garonne depuis 1870 a varié de 1^m,18 (1870) à 3^m,28 (1875) : depuis 1855, il y a eu cinq crues de plus de 10 mètres.

Celle du 24 juin 1875 a atteint 11^m,40.

La largeur du lit d'étiage est de 83 mètres ; celle du lit mineur, mesurée entre berges pour les eaux prêtes à déborder, de 195 mètres ; celle du lit d'inondation a atteint 4 300 mètres le 24 juin 1875.

La pente moyenne du lit d'Aiguillon à Castets est de 0^m,2625 par kilomètre, s'élevant à 1^m,56 dans le rapide à l'amont de l'ouvrage, pour descendre à 0^m,04 dans la mouille qui le suit.

La profondeur au thalweg est de 4^m,14 à l'étiage ; elle a atteint 15^m,54 le 24 juin 1875.

En étiage, la vitesse de surface est de 1 mètre, le débit de 120 mètres cubes.

Pendant la crue maxima, on a observé des vitesses de 4^m,50, et quelques ingénieurs ont supposé que le débit aurait peut-être atteint à Marmande, 16 000 mètres cubes.

Choix du système de fondation. — En adoptant un encastrement de 2 à 3 mètres dans le tuf, on devait compter sur une profondeur de fondation de 9 à 10 mètres au-dessous du niveau moyen des eaux. Sous une pareille charge, et dans une rivière torrentielle, on ne pouvait fonder qu'à l'air comprimé les piles et culées du grand pont : ce système s'imposait aussi aux viaducs, en raison de l'épaisseur de la couche perméable à traverser, de l'importance des épaissements, et de la nécessité de s'encaster dans la marne, les alluvions de la plaine étant souvent en temps de crue af-

(*) Voir dans les *Annales*, les mémoires de M. Regnaud, sur les ponts de Bordeaux (1867, juillet, p. 34), et de Saint-Pierre de Gaubert (1870, mai, p. 31).

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

squ'au tuf à plusieurs centaines de

me de fondations pneumatiques fut
posé et accepté, pour les vingt-six f
ion ministérielle du 3 avril 1880, qui
é à gré passé avec M. Zschokke (en
ns à l'air comprimé à Valence), est
élevé de la dépense ne permettait pa
dispositions prescrites par l'article 69
éral du 31 mai 1862, » et prescrivi
une adjudication restreinte entre des
iaux désignés dans une liste (*) app
ation (**).

ant du détail estimatif était de 1 059

nts.	3
3 à (grand pont 4 302 ^{mc} , 96 à 90 ^f .	31
imé (viaducs . . . 6 371 ^{mc} , 16 à 89 ^f .	51
à l'air libre sur 3 mètres en con-	
t de l'étiage.. . . .	

En tout. 1 0:

ation eut lieu le 5 juin 1880; les ré
és ci-après :

contenait les huit noms ci-après :
(rue Fouquet, 52, Paris) ; Société de construction
avenue de Clichy, 176 et 178, Paris) ; Hersent (rue
rue Talibout, 80, Paris) ; Montagner (rue d'Abbevil
ice, Drôme) ; Société Fives-Lille, à Fives près Lille
. Bouches-du-Rhône).

position a depuis été étendue aux adjudications ré
10 71 du décret du 31 mai 1862, par la circulaire du
, pour les cas analogues, que la liste des concurrents
ministre, sur la proposition des Ingénieurs et d'aut
à cet effet.

DÉSIGNATION des soumissionnaires.	RABAIS.	OFFRES PAR MÈTRE CUBE de fondation.	
		Grand pont.	Viaducs de décharge.
	p. 100.	fr. c.	fr. c.
MM. Joret.	0	90 00	89 00
Hersent.	2	88 20	87 22
Eiffel.	5	85 50	84 55
Zschokke.	11	80 10	79 29
Fives-Lille.	16	75 60	74 76
Montagnier.	18	73 80	72 98
Varigard et Mortier.	19	72 90	72 09

CHAPITRE II.

CONSTITUTION DES MASSIFS DE FONDATION.

- § Ier. — 1^{er} type. — *Caissons en tôle du système ordinaire.* — Description du caisson d'une pile du grand pont. — Dimensions et poids des caissons. — Suppression des hausses pour les fondations des viaducs. — Maçonneries à l'air libre. — Remplissage de la chambre de travail.
- § II. — 2^e type de chambre de travail. — Chambre de travail constituée par une voûte en maçonnerie sur rouet en tôle. — Description sommaire des fondations du pont de Hohndorf, sur l'Elbe. — Rouet d'une culée. — Rouet d'une pile.

La chambre de travail a été construite sur deux types différents.

Pour les piles et culées du grand pont et les 12 premières piles du viaduc de Canabéra, on a conservé le système ordinaire des caissons en tôle.

La culée Casteljaloux, et les piles 13, 14 et 15 du viaduc de Canabéra ont été fondées sur voûte en maçonnerie, dont les retombées s'appuient sur un rouet en tôle.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

I. — Caissons en tôle.

3 métalliques employés au grand pont et le gauche étant construits sur le même bernerons à décrire celui d'une pile du

caisson d'une pile du grand pont. (Pl. 3, trois verticales, sur une hauteur de 2^m,70, tôles de 0^m,006, rivées sur des couvre-le 0^m,10 de largeur; elles portent sur un d'acier de 0^m,22 de hauteur et 0^m,018

tôle de 0^m,006, est soutenu par un poutre huit poutres transversales espacées de entretoises sur les avant-becs dans le hauteur commune est de 0^m,60 et l'épais-portée à 0^m,009 pour celles auxquelles forces des cheminées.

ces, qui ont un diamètre intérieur de 1^m,05, 1,00, une épaisseur de 0^m,010, sont rivées entretoises transversales: leur partie inférieure de 0^m,08 au-dessous du plafond, lui

cornière de $\frac{70 \times 70}{8}$.

icales du caisson sont raidies par 26 con-, par leur partie verticale aux couvre-es parois, par leur partie horizontale aux id.

sent :

rticale de 0^m,005 (*), embrassée par une

e $\frac{80 \times 60}{7}$, qui s'élève verticalement le

ur une hauteur de 1^m,90, se recourbe à

sont d'ordinaire à âme pleine; nous l'avons fait évider, entre les maçonneries de la crinoline.

angle droit en laissant passer la cornière du plafond de $\frac{80 \times 80}{8}$ et se rive au plafond sur une longueur de 1 mètre,

D'une double cornière de $\frac{80 \times 60}{7}$, inclinée à 2,16/1 sur l'horizon, assemblée à sa partie inférieure à l'âme verticale et soutenue à mi-hauteur par un gousset vertical embrassé par deux cornières horizontales de $\frac{50 \times 65}{7}$.

Une contre-fiche pèse 100 kilogrammes.

Trois cornières horizontales maintiennent, avec les contre-fiches, la rigidité des parois verticales :

Une de $\frac{80 \times 80}{8}$ sous le plafond;

Une de $\frac{50 \times 65}{7}$ à mi-hauteur, coupée à chaque contre-fiche, et rivée aux goussets horizontaux.

Une inférieure de $\frac{100 \times 100}{10}$, assemble au couteau les abouts des contre-fiches.

Dimensions des caissons. — Les dimensions relatives aux différents types de caissons en tôle sont résumées dans le tableau ci-après :

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

ensions des caissons constituant les chambres de travail, pris le tranchant du couteau, jusqu'au bas du premier usses (soit à 0^m,04 au-dessus de l'aile supérieure des poutres d).

	GRAND PONT.		VIADUCS	
	PILES.	CULÉES.	PILES.	
<i>Dimensions d'ensemble des caissons.</i>				
largeur	74 ^m ,027	90 ^m ,038	45 ^m ,171	
profondeur	32 ^m ,005	38 ^m ,33	25 ^m ,096	
hauteur { sous plafond.	2 ^m ,064	2 ^m ,064	2 ^m ,064	
{ jusqu'au 1 ^{er} rang de hautes.	2 ^m ,70	2 ^m ,70	2 ^m ,51	
<i>Poutrage.</i>				
écartement maxima	7 ^m ,10	7 ^m ,00	5 ^m ,50	6 ^m ,00
écartement de l'âme	0 ^m ,60	0 ^m ,60	0 ^m ,45	0 ^m ,50
rapport de la hauteur de l'âme à la portée	1/11,8	1/11,6	1/12,2	1/12
écartement	1 ^m ,10 à 1 ^m ,15	1 ^m ,10 à 1 ^m ,15	1 ^m ,10 à 1 ^m ,15	1 ^m ,10 à 1 ^m ,15
				100 ^k ,00
				28
				1 ^m ,30
				0 ^m ,006
				0 ^m ,006
				0 ^m ,018
				0 ^m ,007
				0 ^m ,008
				0 ^m ,010
				2
				1 ^m ,05
				1 ^m ,00

Poids des caissons. — Le tableau ci-après donne le poids des caissons sur une hauteur de 2^m,70 pour les fondations du grand pont, de 2^m,51 pour celles des viaducs.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	GRAND PONT.		VIADUCS DE DÉCHARGE.	
	PILES.	CULÈRES.	PILES.	CULÈRES.
A. — Pièces indépendantes des dimensions du massif.				
Amorces des deux cheminées	kil. gr. 514,332	kil. gr. 514,332	kil. gr. 514,332	kil. gr. 514,332
Cornières des amorces.	105,60	105,60	105,60	105,60
Rivets et couvre-joints (environ 5 p. 100).	30,068	30,068	30,068	30,068
Total pour le titre A. .	650,000	650,000	650,000	650,000
B. — Pièces ne dépendant que de la surface du massif (plafond et poutrage).				
Plafond horizontal.	3 383,500	4 148,82	2 033,000	3 069,144
Poutres du plafond et entretoises contre les cheminées.	2 636,899	2 912,083	1 176,412	1 684,644
Cornières des poutres et entretoises.	2 617,440	2 804,400	1 333,470	1 960,000
Rivets et couvre-joints (environ 5 p. 100).. . . .	412,161	484,697	207,118	336,212
Total pour le titre B. .	9 050,000	10 350,000	4 750,000	7 050,000
C. — Pièces ne dépendant que du périmètre du massif.				
Paroi verticale (couvre-joints compris).	4 044,152	4 843,379	2 947,977	4 055,501
Contre-fiches (rivets compris).	2 600,000	3 000,000	2 200,000	2 600,000
Couteau.	898,700	1 076,306	704,696	950,508
Cornières.	992,030	1 169,330	721,253	974,770
Rivets et couvre-joints (environ 4 p. 100).. . . .	465,118	410,985	326,074	419,221
Total pour le titre C. .	8 900,000	10 600,000	6 900,000	9 100,000
Poids total de la chambre de travail.	18 600,00	21 500,00	12 300,00	16 700,00
Poids moyen par mètre carré de fondation.. . . .	249,93	238,99	276,73	248,11

En désignant par S la surface du massif, par P son périmètre, le poids total π du caisson s'exprimerait par les formules suivantes :

Pour les piles du grand pont :

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

$$S + \frac{8900}{32,005} P = 650 + 122,25 S +$$

du grand pont :

$$S + \frac{10500}{38,33} P = 650 + 114,51 S +$$

de viaduc :

$$S + \frac{6900}{25,096} P = 650 + 105,15 S +$$

de viaduc :

$$S + \frac{9000}{33,85} P = 650 + 104,74 S +$$

la constante dans le coefficient
leviennent :

$$\pi_1 = 278 P + 130 S$$

$$\pi_2 = 274 P + 123 S$$

$$\pi_3 = 271 P + 126 S$$

$$\pi_4 = 266 P + 116 S.$$

*assifs du grand pont. Suppr
fondations des viaducs. — Poi
nd pont, les caissons sont pro
ant batardeau.*

est formé de tôles de 1^m,095 d
isseur rivées à recouvrement, e
hauteur par une cornière c
quelle sont boulonnées des co

de $\frac{60 \times 80}{8}$, qu'on enlève au fu
n de la maçonnerie ; la corniè
1 outre, par des fers plats de $\frac{4^c}{6}$

Le poids de chaque rang d'un mètre de hauteur(*) est de 1 080 kilogrammes (**), soit par mètre carré 33^k,75.

DES MAÇONNERIES — *Maçonnerie à l'air libre dans la chambre de travail.* — Avant la descente, on remplit de maçonnerie le vide triangulaire — dit crinoline — compris entre les parois verticales de la chambre de travail, et les cornières inclinées des contre-fiches. On commence par établir en l'appuyant sur la cornière inférieure de $\frac{100 \times 100}{10}$, sur une hauteur moyenne de 0^m,70, une maçonnerie de briques à ciment de Portland, posées à plat, en saillie l'une sur l'autre, jusqu'à ce que l'assise supérieure présente une profondeur de 0^m,30 environ, nécessaire à l'assiette de la maçonnerie ordinaire à chaux du Teil, qu'on élève jusque sous le plafond, en ayant soin de placer des boutisses longitudinales pour relier entre elles, à travers les vides des consoles, les maçonneries de la crinoline, et de laisser des moellons en saillie pour en assurer la liaison avec le béton de remplissage.

Béton entre les poutres. — Après avoir vérifié et complété l'étanchéité du plafond, on a effectué le remplissage entre les poutres en béton de chaux du Teil damé avec soin. Le béton remplit mieux les vides et entretoise aussi bien les poutres que de la maçonnerie ordinaire.

Maçonnerie au-dessus des poutres. — Les massifs sont exécutés en maçonnerie ordinaire à chaux du Teil. Pour le

(*) Les rangs successifs des hausses ont été rivés à recouvrement alternatif de 0^m,04. Eu égard à la faible épaisseur des tôles (0^m,003), il ne paraît pas avoir d'avantage appréciable à exiger le recouvrement constant de bas en haut, comme le prescrivent certains devis.

(**) Savoir : Tôle de 0^m,003. 819^k,000
 Cornière de ceinture de $\frac{65 \times 45}{6}$ à 5^k le mètre courant 160 025
 3 fers plats de 40/6 à 2^k,500 le mètre courant. . . 52 25
 Rivets et couvre-joints (env. 5 p. 100). 47 725
 Total par 1 mètre de hauteur. 1 079^k,000

nd pont, ils sont couronnés au niveau de l'étiage par une
 ise de libages de 0^m,40. Il suffit, en effet, de préserver
 ète du couronnement, et tout le massif, sauf l'assise
 érieure, peut sans danger s'exécuter en maçonnerie
 inaire, qui a tout le temps de former monolithe avant
 : les tôles des hausses n'aient disparu par oxydation.
 r les massifs des viaducs forcés sans hausses on atten-
 t quinze jours au moins entre l'exécution des maçonne-
 s et le fonçage.

Remplissage de la chambre de travail. — Nous décri-
 s plus loin avec détails (chapitre v) les différents modes
 remplissage appliqués au pont de Marmande.

**I. — Deuxième système de fondation. — Chambre de
 ravail constituée par une voûte en maçonnerie sur
 ouet en tôle.**

Le système a été appliqué pour la première fois en Al-
 agne, en 1876, aux fondations d'un grand pont sur
 be, entre Hohnsdorf et Lauenbourg (chemin de fer de
 at du Hanovre).

Avant de décrire les fondations exécutées à Marmande
 près ce système, nous indiquerons sommairement les
 ncipales dispositions adoptées au pont de Hohnsdorf (*).
*Description sommaire des fondations du pont de Hohns-
 f sur l'Elbe, (Pl. 5 fig. 2 à 8).* — Le pont de Hohnsdorf
 prend :

) Les renseignements qui vont suivre sont extraits, soit de documents fournis
 M. le Directeur des chemins de fer hanovriens, qui a bien voulu nous adres-
 tous les dessins de détail relatifs aux fondations de cet ouvrage, soit d'une
 e publiée sur ce sujet par l'un des entrepreneurs, M. Gaertner, « *Entwic-
 ng der pneumatischen Fundirungs-Methode, und Beschreibung der Fundirung
 Elbe-Brücke, bei Lauenbürg.* » Publié à Vienne, librairie Lehmann et West-

- 3 travées de 100 mètres sur le lit mineur ;
- 1 pont tournant à deux travées de 14 mètres ;
- 3 travées de décharge de 40 mètres.

Il comportait, pour ce débouché linéaire de 448 mètres, neuf fondations : deux culées, la pile du pont tournant, quatre piles en rivière et deux piles pour viaducs de décharge.

Le lit de l'Elbe, à Hohnsdorf, est formé sur une grande profondeur de sable et gravier, mélangés de tourbe et d'argile.

Suivant le système familier aux ingénieurs allemands et qui avait été appliqué aux deux ponts de Stettin, sur l'Oder et le Parnitz (1866-67), et à celui de Dusseldorf sur le Rhin (1868), chaque fondation devait reposer sur des puits circulaires, réunis par une voûte à leur partie supérieure.

Le projet primitif du pont de Hohnsdorf comportait :

Pour les quatre piles en rivière, deux puits de 8 mètres de diamètre ;

Pour les deux piles des travées de décharge, deux puits de 5^m,50 de diamètre ;

Pour la culée Lauenbourg, deux puits de 6 mètres de diamètre ;

Pour la pile du pont tournant, un puits de 9 mètres de diamètre ;

Pour la culée Hohnsdorf, on avait prévu quatre puits : deux de 6^m,50 à l'amont ; deux de 4 mètres à l'aval.

Aux ponts de Dusseldorf et de Stettin, la chambre de travail d'un puits avait la forme d'un tronc de cône d'une hauteur de 4^m,364, ayant à sa partie supérieure le diamètre de la cheminée, à la base, celui du puits (8^m,15 à Dusseldorf). (Voir Pl. 5 *fig.* 1.)

La chambre est formée d'armatures *sur lesquelles les maçonneries reposent directement et sans interposition d'une enveloppe de tôle.*

Une corniche triangulaire de 1^m,49 de hauteur renforçait

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

la chambre et présentait à sa base supportant les premières assises.

ème est imité de celui du pont (1862); mais il en diffère par ces

pression de la colonne de fontainerie. (Sauf sur une hauteur de fondation était parementé en fait sur le terrain naturel.)

pression de l'enveloppe intérieure qu'une maçonnerie soignée n'a comprimé.)

l'ut aller plus loin au pont de faire le poids de l'armature métallique des puits devait être constitué par un sabot en tôle formant couverte de 0^m,026 d'épaisseur, assemblé par des contre-fiches à lame plate et une tôle plate de 0^m,29 de largeur (Pl. 5, fig. 4.)

rouet sont boulonnées trois contre-fiches de 0^m,08 d'épaisseur, rig

ronne supérieure reçoit les retombées, formées de briques hollandaises, posées à plat, en boutisses vers l'intérieur pour former les nervures de la voûte est une ligne brisée inclinée,

$$0,05 \text{ à } \frac{1}{2}$$

$$0,05 \text{ à } \frac{1}{1,5}$$

sur $1^m,70$ à $\frac{1}{1}$.

La hauteur totale de la voûte est :

du dessus des madriers au sommet. $3^m,80$
du tranchant au sommet. $4^m,41$

Son diamètre intérieur est :

à la base. $6^m,86$
au sommet. $1^m,00$

Des fers ronds de $0^m,02$ (un tous les $1^m,30$ environ), terminés par des ancrs, relie le rouet aux maçonneries.

Le poids total des fers pour un puits de 8 mètres ayant une section de $56^m,26$ et un périmètre de $25^m,1328$ a été de :

sabot en tôle.	3 329	kilogrammes
19 ancrs dans les maçonneries.	273	—
plaque en tôle de $0^m,010$ supportant la cheminée et amorce de che- minée.	560	—

En tout. $4\,162$ kilogrammes

Le poids n'est fonction que du périmètre et non de la surface. P étant le périmètre, il s'exprimera par la formule :

$$\pi = 560^k + \frac{3329 + 273}{25,1328} = 560 + 143 P.$$

Rapporté à la surface seule, le poids est de 83 kilogrammes par mètre carré.

La culée Hohnsdorf, la pile du pont tournant, et deux piles en rivière (à $14^m,19$) furent ainsi fondées sur puits isolés. (Pl. 5, fig. 2). Mais la difficulté d'exécuter les voûtes pour réunir les massifs de fondation fit chercher à les réduire à un massif unique. On n'osa pas adopter un premier projet, où le massif de fondation avait en plan la forme d'une ellipse ayant comme axes $5^m,6$ et $6^m,96$, et

DRAWINGS AND DOCUMENTS.

pour les fondations des
5, fig. 3.)

massif est formée par
enveloppant la base de l
établi un mur transver
al est ménagée une can
n sabot plus léger que
nt moins bas (pour évite
t à y porter, le massif te
1, 5, et 6.)

massif ainsi constitué et

.
.
massif.

. . . :
.
: . . :

la préoccupation des Ing
faces planes, par crainte
terres, soit de la pres
aussi pour éviter la cor
ouvant être établies su

fait sur les dessins que
:

être courant.
.
force des deux cheminées
rsal à 109^m,20 le mètre
.

En tout,

rimètre extérieur, le poi
donné par la formule :

$$\pi = 1120 + 622,40 + \frac{5245,8 + 436}{39,60} P = 1742 + 143 P,$$

soit 78 kilogrammes par mètre carré.

Les deux piles en rivière furent ainsi fondées, *sans aucun accident*,

La pile n° 4 à 13^m,19 sous les eaux moyennes, et un encastrement dans le sol de 10^m,49;

La pile n° 5 à 13^m,24 sous les eaux moyennes, et un encastrement dans le sol de 11^m,25.

La première en vingt jours, la deuxième en vingt-deux jours.

Les conclusions de *fait* tirées des ponts cités plus haut, de Stettin sur l'Ôder et de Dusseldorf sur le Rhin, ont donc rencontré à Hohnsdorf, une nouvelle et plus complète confirmation. Il demeure définitivement établi, par l'expérience d'ouvrages considérables, que :

1° Une voûte en maçonnerie de briques, soigneusement rejointoyée, n'ayant aux retombées qu'une épaisseur de 0^m,57 est très suffisamment étanche à l'air comprimé sous une pression de 14 mètres;

2° Des massifs d'une surface de 94^{m²},31, avec chambre de travail complètement en maçonnerie, armés seulement à leur partie inférieure d'un rouet léger de 130 kilos au mètre courant, *sans hausses* et n'étant reliés au rouet que par des tirants verticaux, ont pu traverser, sans aucun accident, une couche de 11 mètres de sable et graviers;

3° On a pu réduire, avec ce système, de 280 à 80 kilos le poids par mètre carré de fer à enfouir dans les massifs de fondation;

4° On a pu sans accident, et avec les précautions d'usage, faire jouer la mine dans les chambres de travail en maçonnerie (on a fait partir, dans l'un des petits puits de la culée Hohnsdorf, 68 coups de mine).

Chambres en maçonnerie du pont de Marmande (Pl. 6),

— La culée Casteljaloux et les piles 13, 14 et 15 du viaduc

abéra, ont été fondées comme à Hohnsdorf sur
mbres de travail en maçonnerie.

lation de la culée Casteljaloux du viaduc de Ca-
(Pl. 5, fig. 1 à 6). — La culée est sur plan rectan-
t les dimensions sont les suivantes :

ueur.	11 ^m ,35
sur.	6 00
ce.	67 ^m 31
nètre.	33 ^m ,85

ré les craintes manifestées par les Ingénieurs alle-
sur le danger des parties droites dans les massifs,
ons maintenu pour le rouet la forme rectangulaire
ulée, mais en lui donnant des dimensions plus fortes
hohnsdorf, et en soutenant les grands côtés par deux
ises parallèles aux petits.

tôles verticales d'une épaisseur de 0^m,024 pour le
ôté, de 0^m,020 pour le petit, sur une hauteur de
forment le tranchant : elles sont assemblées par une

e de $\frac{70 \times 70}{10}$ à une tôle horizontale, formant pla-

e 0^m,40 de largeur et 0^m,015 d'épaisseur, dont le

térieur est raidi par une cornière de $\frac{100 \times 100}{12}$.

ateau est soutenu tous les 0^m,80 environ par des con-
rmées par une âme pleine de 0^m,012, réunie au pla-

au couteau par deux cornières de $\frac{80 \times 80}{14}$. A 1^m,556

et d'autre de leur milieu, les grands côtés sont
ar deux entretoises formées par une âme de 0^m,012,
ée à la partie supérieure par deux cornières de

$\frac{100}{10}$, et à la partie inférieure par quatre cornières de

— formant croix. La partie inférieure est tenue au-

dessus du tranchant du rouet, pour éviter qu'elle ne vienne à porter sur le sol. (Pl. 6, *fig.* 4.)

Sur le plateau, et solidement réunies à lui par deux files de boulons de $0^m,02$, sont établies trois couronnes de madriers de chêne de $0^m,06$ et $0^m,08$ d'épaisseur, les deux premières posées en long sur une largeur de $0^m,38$, la troisième par bout, sur une longueur de $0^m,54$. Entre la couronne inférieure et le rouet est placée une forte couche d'étoupe : le tout est goudronné et calfaté avec le plus grand soin. (Pl. 6, *fig.* 5.)

La voûte (suivant un plan normal aux grands côtés) est intradossée en ogive de 3 mètres de montée (de la clef au-dessus des madriers); son épaisseur est de $0^m,57$ aux retombées et $0^m,30$ à la clef. L'ogive est définie par un arc de cercle de $8^m,95$ de rayon, satisfaisant à ces deux conditions, et, aux retombées, faisant avec l'horizon un angle dont la tangente est égale à deux.

Sur une hauteur de $1^m,50$, la chambre de travail est en briques à ciment de Portland, *posées horizontalement*. Sur le reste, avec une épaisseur variant de $0^m,30$ pour la clef à $0^m,80$ au joint de rupture, elle est construite en moellons ordinaires à Portland *appareillés en voûte*.

Toute la maçonnerie, jusqu'à l'horizontale de l'extrados à la clef, est à ciment de Portland.

Quatorze fers ronds de $0^m,04$ et huit de $0^m,025$, plus rapprochés vers le milieu des grands côtés, et terminés par des clavettes, tantôt au plan supérieur des briques, tantôt au niveau de l'extrados de la clef, relient les maçonneries au rouet; ils sont fixés vers le bord intérieur du plateau, pour s'opposer à son déversement. Ils intéressent les maçonneries de tout le massif aux poussées du terrain ou de l'air comprimé, et arrêtent tout glissement qui tendrait à se produire sur la couronne supérieure des madriers. La voûte forme ainsi arc de cloître, avec une arête supérieure horizontale de $5^m,35$ de longueur. L'amorce de cheminée,

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

ne hauteur de 1^m,50, repose par cinq contre-fiches noyées dans la maçonnerie sur un plateau de 0^m,008 d'épaisseur. Le poids des fers de la chambre de travail est de 421 kilogrammes, savoir :

— Pièces indépendantes de la surface et du périmètre.

orce de cheminée (y compris plateau et con- oles) sur une hauteur de 1 ^m ,50 (rivets com- pris).	825 ^k ,00
ix entretoises horizontales reliant les grands côtés du rouet (rivets compris).	1 896 00
Total pour le titre A.	<u>2 721^k,00</u>

B. — Pièces ne dépendant que du périmètre.

iteau (épaisseur) { 0 ^m ,024 pour les grands côtés). 0 ^m ,020 pour les petits côtés).	3 136 ^k ,30
teau du rouet (épaisseur 0 ^m ,015).. . . .	1 532 70
nières.	899 80
arante-deux contre-fiches à 30 ^k ,5 (rivets com- pris).	1 281 00
ants, clavettes, écrous.	850 20
alons, rivets.	
ivre-joints.	
Total pour le titre B.	<u>7 700^k,00</u>
Total pour la fondation.	<u>10 421^k,00</u>

P étant le périmètre, le poids π du rouet s'exprimerait de par la formule :

$$\pi = 2721 + \frac{7700}{33,85} P = 2721^k + 227 P.$$

Rapporté à la surface seule, le poids est de 154 kilo-
mmes par mètre carré.

Pour un puits de 8 mètres d'une pile en rivière du pont de Hohnsdorf, nous avons établi la formule :

$$\pi = 560^k + 143 P,$$

qui, pour une surface de $56^{m^2},26$, donnait 83 kilogrammes par mètre carré. L'augmentation des poids à la culée du pont de Marmande provient de ce que :

1° L'amorce de cheminée est de $1^m,50$ au lieu de $0^m,60$.

2° La forme rectangulaire en plan du massif de fondation a imposé deux entretoises horizontales pesant ensemble 1 896 kilogrammes, et un rouet plus lourd, pesant au mètre courant 212 kilogrammes au lieu de 132.

3° En ne tenant pas compte de la constante, les poids ne dépendent que du périmètre P , et par mètre carré que du rapport $\frac{P}{S}$, lequel est minimum pour les surfaces circulaires.

Pour un caisson métallique du système ordinaire, nous avons établi plus haut la formule :

$$\pi = 650 + 104,74 S + 265,8 P,$$

qui donne par mètre carré $248^k,11$ au lieu de 154 kilogrammes, et en tout 16 700 kilogrammes au lieu de 10 421.

L'économie de fer, en faveur du rouet, est donc de $\frac{16\ 700 - 10\ 421}{16\ 700} = 38$ p. 100.

On remarquera que cette réduction de plus de $\frac{1}{3}$ est obtenue pour une forme qui se prête moins bien que les formes circulaires à l'application économique du système; on verra plus loin qu'elle atteint 64 p. 100 pour les puits elliptiques de fondation des piles.

ET DOCUMENTS.

, 14 et 15 du v
6 fig. 7 à 11).
anes qu'on avai
d'en exagérer
, avaient condu
en augmenter
s piles on a pu,
de la surface
de la fondation
des courbes conv
miné par des av

urface de 45^mq, 1
est défini par un
nt les dimension

.
.
.
.
.
.

la surface est r

le tôle verticale
partie inférieure,
é hauteur de o'
. formé d'une tôle
i verticale par un
leur est raidi par
utenu tous les o

consoles composées d'une âme triangulaire pleine de 0^m,010 assemblée au plateau et au couteau par deux cornières de $\frac{70 \times 70}{10}$. (Pl. 6. *fig.* 10 et 11.)

Sur le plateau, et solidement réunies avec lui par deux files de boulons de 0^m,020, sont établies trois couronnes de madriers de chêne de 0^m,09 d'épaisseur, posées par bout avec des largeurs croissantes de 0^m,37, 0^m,43, 0^m,50. Entre la couronne inférieure et le rouet est placée une épaisse couche d'étoupe ; le tout est goudronné et calfaté avec le plus grand soin.

L'intrados de la voûte est engendré par une demi-ogive glissant sur la couronne supérieure, définie, comme la génératrice de l'intrados de la culée, par un arc de cercle de 8^m,95 de rayon, faisant aux naissances un angle avec l'horizon dont la tangente est $\frac{2}{1}$.

La voûte se compose ainsi de quatre surfaces de révolution, dont les axes verticaux passent par les quatre centres de l'anse de panier périmètre du rouet. La coupe sur le petit axe est une ogive ; la coupe sur le grand se compose, au delà des centres des petits rayons, de deux arcs de cercle réunis entre les deux centres par une courbe elliptique formant arc de cloître.

L'épaisseur de la voûte est aux retombées de 0^m,52, à la clef de 0^m,30 ; la hauteur maxima sous clef est de 3^m,60.

La chambre est exécutée sur une hauteur de 1^m,80 en briques à Portland posées horizontalement ; au-dessus, en moellons ordinaires dressés en coupe. Tout le massif, jusqu'à l'horizontale de l'extrados à la clef est à ciment de Portland.

Seize fers ronds de 0^m,025 fixés à leur partie inférieure vers le bord intérieur du plateau du rouet (pour en combattre le déversement), et arrêtés par des clavettes au niveau supérieur des briques, intéressent les maçonneries

RES ET DOCUMENTS.

t; huit de ces tirants sont prolongés et ancrés dans la maçonnerie

de 1^m,50 est rivée à sa partie inférieure, 0,008 d'épaisseur et 2^m,50 de diamètre en outre par cinq contre-fiches en bois; ce plateau est à 1 mètre au-dessous de la voûte.

La chambre de travail est de la forme suivante :

pendant ni de la surface ni du périmètre,

pour le plateau et consoles (pour une section de 50).	575 ^k ,00
---	----------------------

pendant que du périmètre.

pour le périmètre.	1 156 ^k 00
pour les tirants.	299, 00
pour les boulons (10).	556, 10
pour les écrous (80).	289, 00
pour les ancrages (70).	230, 3
pour l'une des parties.	513, 6
pour les tirants.	246, 00
pour les écrous et ancrages.	400, 00
Total pour le titre B.	3 690 ^k ,00
pour la fondation.	4 265 ^k ,00

le poids π du rouet s'exprimerait

$$\frac{690}{1,69}P = 575 + 150 P.$$

Rapporté à la surface seule, le poids par mètre carré est de $\frac{4265}{45,99} = 92^k,73$.

Pour un caisson métallique du système ordinaire, le poids total serait 12 500 kilogrammes au lieu de 4 265 kilogrammes, et le poids par mètre carré 277 kilogrammes au lieu de 92^k,73 : l'économie réalisée sur les fers est donc de 64 p. 100.

Nous avons résumé dans le tableau ci-après les éléments permettant, au point de vue des poids des fers de la chambre de travail, la comparaison entre le rouet et le système ordinaire.

	CULÉE (sur plan rectangle de 11m,35/6m).			PILE (sur plan elliptique de 9m,20/6m,35).		
	Caisson métallique du type ordinaire.	Rouet.	Différences.	Caisson métallique du type ordinaire.	Rouet.	Différences.
Formule donnant le poids total. .	650 + 105 S + 266 P	2721 + 227 P	105 S + 39 P - 2071	650 + 122 S + 271 P	575 + 150 P	75 + 122 S + 121 P
Poids { total.	16 700 ^k	10 421	6 279 ^k	12 500 ^k	4 265 ^k	8 235 ^k
{ par mètre carré. .	248 ^k	154	94 ^k	277 ^k	93 ^k	184 ^k
Économie p. 100 du rouet sur le caisson métallique.	"	"	38	"	"	64

On voit que la forme elliptique réduit de près de moitié le poids du fer par rapport à la fondation rectangulaire : le poids du mètre courant de périmètre est descendu de 227 à 150 et la constante de 2 721 à 575 kilogrammes. C'est l'inverse pour le caisson du type ordinaire : comme nous l'avons déjà fait remarquer pour les piles du grand pont et comme nous le montrerons plus loin par de nombreux exemples. le poids par mètre carré est au contraire plus fort pour les fondations en partie circulaires des piles que pour les fondations rectangulaires des culées.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

CHAPITRE III.

EL SPÉCIAL A L'EMPLOI DE L'AIR COMPRIMÉ ET INSTALLATIONS.

Matériel spécial à l'emploi de l'air comprimé.

1° Production de l'air comprimé.

s soufflantes et compresseurs. — L'entreprise a machines soufflantes de 25-18-18 et 12 chevaux, 3 avec cylindre compresseur à piston hydraulique effet établi dans le prolongement du cylindre avec tige de piston commune (*).

Le premier, employé à Kehl en 1859, ne l'est plus guère, malgré la régularité de sa marche, en raison des frottements, du travail absorbé par le déplacement de l'eau, du compresseur (**), de la nécessité de limiter la vitesse des mouvements de cette eau, et d'avoir la même tige pour le moteur et le compresseur, les deux sont montés sur la même tige (***) : on lui préfère maintenant des compresseurs à injection d'eau pulvérisée du système de la machine à vapeur avec moteur indépendant, qui marchent normalement à trente-cinq tours au lieu de trente-cinq, sont plus silencieux, et permettent pour un même compresseur d'utiliser la force du moteur.

* description détaillée, voir l'ouvrage de MM. Vuigner et Fleury, Machines de Kehl. Planche XIV, et celui de M. Pernolet. Air comprimé,

*) d'eau mis en mouvement dans la bêche de refroidissement à l'aide du piston était de 0^m,41 pour les machines 1, 2 et 3, de 0^m,18 pour la machine à 2 chevaux.

**) employé encore dans les sucreries en renversant le sens des clapets, comme dans l'appareil dit « à triple effet, » servant à la concentration du jus dans le vide des liqueurs sucrées.

Les dimensions des quatre compresseurs de Marmande sont données ci-après :

	Nos 1 et 2.	N° 3.	N° 4.	OBSERVATIONS.
D. — Diamètre du piston.	0 ^m ,46	0 ^m ,46	0 ^m ,29	A pleine admission, en supposant une perte de charge de 0 ^k ,25 entre la chaudière et le corps de pompe, une contre-pression de 1 ^k ,20 et une détente au tiers, on avait pour le travail utile en chevaux produit par les machines, par application de la formule connue : $T_m = 0,70 \times \frac{2N}{60 \times 75} \times \frac{1}{4} \pi (\bar{D}^2 - \bar{d}^2) (P - 0,25) \times \frac{2}{3} C \left\{ 1 + \log \text{hyp} \frac{C}{\frac{2}{3} C} - \frac{1,20 C}{\frac{2}{3} C (P - 0,25)} \right\}$
C. — Course du piston. . .	0 ^m ,60	0 ^m ,60	0 ^m ,38	
d. — Diamètre de la tige.	0 ^m ,07	0 ^m ,07	0 ^m ,05	
S. — Surface utile du piston en 0,01 ^m	1622 ^{cm} ,6	1622 ^{cm} ,6	640 ^{cm} ,8	
Volume théorique d'une cylindrée	0 ^{mc} ,0973	0 ^{mc} ,0973	0 ^{mc} ,0244	
Nombre de tours par minute.	n_1 vitesse inférieure.	30	30	
	n_2 marche ordinaire. . . .	40	40	
	n_3 limite atteinte (a). . .	50	50	
Volume théorique aspiré par heure correspondant à	la vitesse minima n_1 . . .	350 ^{mc} ,28	350 ^{mc} ,28	
	la vitesse ordinaire n_2 . . .	467 ^{mc} ,04	467 ^{mc} ,04	
	la vitesse maxima n_3 . .	583 ^{mc} ,80	583 ^{mc} ,80	
s. — Surface des clapets d'aspiration.	800 ^{cm}	800 ^{cm}	"	Pour les machines : 1 et 2 de 14 à 23 chevaux, 3 de 22 à 37 — 4 de 7 à 18 — En fait, le travail utilisable n'a jamais atteint 12 chevaux.
Rapport entre cette surface et celle du piston du compresseur.	1/2	1/2	"	
Cube de l'eau mise en mouvement par le piston du compresseur. . .	0 ^{mc} ,41	0 ^{mc} ,41	0 ^{mc} ,18	
Surface en plan de l'abri de la machine (moteur et compresseur).	63 ^{mq}	(b)	38 ^{mq}	

(a) A cette limite, l'eau était projetée en dehors du tuyau d'aspiration, et il y avait refoulement de l'air par les clapets d'aspiration.
(b) Cette machine était montée sur bateau.



d'un clapet que referme la pression intérieure en cas de rupture ou de déplacement de la conduite ; une soupape de sûreté prévient toute élévation brusque de pression, comme il s'en produit dans les terrains étanches.

Les déblais sont élevés par un treuil de 0^m,22 de diamètre, et 0^m,24 de rayon de manivelle, mû par deux tubistes. Les deux seaux, lesquels cubent 0^{mc},013 (pour les seaux en tôle-gravier), 0^{mc},017 à 0^{mc},024 (pour les seaux en bois-argile), l'un montant plein pendant que l'autre descend, sont versés alternativement dans chaque écluse, qui peut recevoir un cube de 0^{mc},55 à 0^{mc},60.

Chaque sas comporte :

Dans l'air comprimé { Deux manœuvres au treuil.
Un à la vidange du seau dans l'écluse.

A l'air libre : Un manœuvre pour la vidange des écluses.

Leurs dimensions principales sont les suivantes :

Chambre centrale	{	Hauteur:	2 ^m , 05
		Surface de la coupe horizontale. .	2 ^{mq} , 10
		Volume (y compris une amorce de cheminée de 0 ^m ,60).	4 ^{mc} , 82
Chambre d'équilibre	{	Diamètre.	1 ^m , 15
		Surface de la coupe horizontale. .	1 ^{mq} , 04
		Hauteur.	2 ^m , 10
Epaisseur des tôles	{	Volume.	2 ^{mc} , 05
		Parois.	0 ^m , 007
		Plafond et plancher.	0 ^m , 010
Poids total d'un sas à deux écluses			4 800 ^k (*)
Prix approximatif.			4 800 ^k × 0 ^f , 70 = 3 360 ^f (**)

(*) On en fabrique en tôle d'acier à un seul corps avec évacuation des déblais par de petits sas communiquant avec l'extérieur par une porte fermée par une vis d'un poids de 2 000 à 2 200 kilogrammes.

(**) Malgré leur poids énorme et la lenteur de l'évacuation du déblai (12 à 14 mètres cubes par sas et par 24 heures), MM. Varigard et Mortier en préconisent l'emploi en raison de la simplicité de la manœuvre, de la sécurité et de la continuité du travail.

DOCUMENTS.

ndations du viaduc de
chambre unique, du 1
fondations tubulaires,
plus loin combien la d
les dépenses de fonçag
sont dressées par virt
nées l'une sur l'autre.

:
... .. 1^m,05
... .. 0^m,008
ompris les
... .. 275^k,00
être cou-
... .. 192^t,50
ompter dans les frais o
donne l'énumération d
at et les sommes à c
value, avec leur répa
res cubes).

r d'une chaudière de longueur
à l'intérieur (pression absolue
grande traction longitudinale c

ance des matériaux, p. 325).
nombre d'atmosphères réponsa
ies, soit 2^k,85 par 0,001²,

0,008, on a : $\pi = 4^{st},25$,
x5 de diamètre, et 0^m,008 d'épai
maxima de $4^{st},25 \times 10^{m},55 =$
k,85 par 0,001².

MATÉRIEL SPÉCIAL à l'air comprimé.	FRAIS d'achat.	SOMME à compter pour intérêts, amortisse- ment, réparation et dépréciation		OBSERVATIONS.
		totale.	par m. c.	
	fr.	fr.	fr. c.	
2 machines fixes de 20 chevaux.	42 000	7 800		On admet, pour une en- treprise donnée, que la somme à compter pour in- térêts, amortissement, répa- ration et dépréciation du matériel est les $\frac{25}{100}$ de la valeur actuelle du maté- riel : soit, s'il a déjà servi une fois, les $\frac{25}{100} \times \frac{75}{100} = \frac{3}{16}$ du prix d'achat. Ce serait ici 23 681 francs, au lieu des 29 180 francs que nous avons comptés.
1 machine de 8 à 10 chevaux. .	9 000	1 700		
1 — sur bateau, de 25 che- vaux.	22 000	4 000		
4 sas à double écluse pesant 4 800 kilos l'un (à 0 ^r ,70). . . .	13 440	2 000		
1 sas à une porte pesant 2 000 ki- los (à 0 ^r ,70).	2 310	250		
36 cheminées de 2 mètres pesant 550 kilos l'une (à 0 ^r ,65).	12 870	2 500		
200 mètres de tuyaux de con- duite en fonte de 0 ^m ,10 à 8 ^r . .	1 600	400		
22 tuyaux de 0 ^m ,08.	132	30		
45 mètres de tuyaux en caout- chouc à 30 francs.	1 350	400		
	104 702	19 080	1,91	
<i>Matériel accessoire.</i>				
2 pompes Letestu et accessoires, 2 pompes Japy et accessoires, treuils, broyeurs, wagonnets, bâches, chèvres, seaux, crics, dragues, bacs, outillage de forge, etc., etc.	18 000	10 000	1,00	
6 vérins pour descente du cais- son de la pile 3.	3 600	100	0,01	
TOTAL.	126 302	29 180	2,92	

§ II. — Installations.

A. — Installations s'appliquant à l'ensemble des fonda-
tions, et dont les dépenses sont à répartir sur le cube
total, estimé en nombre rond à 10 000 mètres cubes.

RÉMOIRES ET DOCUMENTS

	Dépenses du premier éta- blissement.	Intérêt à 6 p. 100 pendant deux ans.	Moins-values à la fin des travaux.	Frais à compter	
				totaux.	par mètre cube.
et logements personnel de prise (84 mè- tres à 25 fr.). pour la forge aériel (41 mè- tres à 6 ^{fr} ,25). de bâtiments errains et in- és à des pro- es (pour deux	fr. 2 100	fr. c. 252,00	fr. 1 300	fr. c. 2052,00	fr. c. 0,205
	255	30,72	200	230,72	0,023
	"	"	"	2200,00	0,22
TOTAUX. . . .				4482,72	0,45

Installations en rivière (ne s'appliquant qu'aux quatre piles du grand pont). (Pl. 4 fig. 1 à 8.)

nt de service a été établi, de la rive droite, jusqu'à au delà de la pile 4 pour le bardage, à l'aide d'une lante, des écluses et des cheminées, complété par llations spéciales pour les piles 3 et 4.

prend vingt-trois palées de trois pieux ronds de 'une fiche moyenne de 2^m,50, entretoisés par deux horizontales et des écharpes en croix de Saint- les deux files extérieures supportent une longrine de 10^m,30, raidie entre les palées par des sous-poutres s par des contre-fiches inclinées, sur laquelle court à patin de 15^m,50 arasée à 4^m,50 au-dessus de l'é- la largeur de la voie est de 13 mètres.

nt de service a une longueur totale de 147^m,50 : porté, y compris les installations spéciales aux piles n cube de 42^m,31 de bois pour pieux, de 115^m,06 équarri et une dépense de premier établissement 12^{fr},40 : soit 100^{fr},90 par mètre.

en place des caissons. — Ceux des piles 1 et 2 ont és sur le gravier sans installation spéciale : on a it remblayé de 0^m,50 la plate-forme de la pile 2.

Pile 3. (Pl. 4, fig. 3, 4, 5 et 6.) — Sur les moises transversales des deux palées voisines étaient établies six poutres de $28^{\circ}/28^{\circ}$ soutenant le plancher de montage, formé de madriers jointifs : le couteau était élevé sur des tasseaux d'environ $0^m,30$. Des montants boulonnés sur les têtes des pieux, et entretoisés par deux cours de moises et des croix de Saint-André portaient les six vérins de descente. Le montage terminé, on a exécuté les $\frac{2}{3}$ environ de la maçonnerie de la crinoline, les matériaux étant amenés par bateau, sous le plancher.

La chambre de travail, pesant environ 62 000 kilos (*), fut alors soulevée par les vérins, le plancher enlevé, et les descentes commencèrent par hauteurs d'un mètre : chacune durait en moyenne trois quarts d'heure et exigeait cinq charpentiers et vingt manœuvres. Le béton entre les poutres et la maçonnerie entre les hausses suivaient la descente. La hauteur totale parcourue de la plate-forme de montage, au point où les vérins furent enlevés, fut de $6^m,04$ (**).

Pile n°4. (Pl. 4, fig. 7 et 8.) — Le caisson avec deux rangs de hausses fut monté sur berge, le tranchant reposant sur des tasseaux, à $0^m,40$ environ au-dessus d'une plate-forme de sable bien réglée.

Sur la berge, dressée en talus au $\frac{1}{7}$ sur une longueur de 6 mètres, on posa deux longrines de $30^{\circ}/40^{\circ}$ armées de deux rails jumelés, une de leurs extrémités engagée sous le couteau, l'autre dépassant de 5 à 6 mètres le talus de la berge et s'arrêtant à $2^m,50$ au-dessus du fond du lit de la

(*) Soit 10 333 kilogrammes par chaque vérin, et une tension de $2^k,68$, par $0,001^2$ de section de la vis du vérin. (Pl. 4, fig. 13.)

(**) Le gravier fut rencontré du côté de Marmande à $0^m,52$ plus haut que du côté Casteljalous : les 3 vérins de rive furent immédiatement enlevés : pendant quelques jours le caisson reposa à droite sur le gravier, à gauche sur les trois autres vérins.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

de façon à basculer dès que l'axe du caisson a atteint le pied du talus.

Le caisson, retenu à sa partie supérieure par une chaîne, a été poussé à l'aide de 4 crics sur les rails. Le lançage n'a pas duré trois quarts d'heure. Le coût n'a pas dépassé 150 francs ; la descente par le talus a coûté dix fois plus.

Le caisson flottant (*) a été maintenu à son emplacement par quatre pieux, deux à l'amont, deux à l'aval, et échoué sur les deux palées voisines et échoué sur le talus.

Il n'a pas été nécessaire de faire des installations spéciales en raison de la simplicité de l'opération.

(*) Le caisson flottait à 2^m,36 au-dessus du tranchant : son poids était de 200 tonnes. Cette dernière hauteur est en effet, donnée par la formule : $\text{Poids du caisson} \div \text{Surface d'eau déplacée} \times 1,000 = \text{hauteur}$.

GRUE roulante (d)		FRAIS à compte (somme de moins-vals des domma- ges et des trais)		Total	
Moins-vals à la fin des travaux		Total des dépenses de premier établissement		Entret à 0 p. 100 pendant 1 an.	
Prix de premier établissement		Dommages causés par les grues.		fr. c.	
fr. c.		fr. c.		fr. c.	
525	150	3056 70	183 40	2270 14	
525	150	2934 78	176 08	2158 91	
525	150	7891 31	473 48	5870 70	
525	150	3099 61	185 93	3084 23	
2100	600	16082 40	1018 94	13361 08	

Observations. — (a) La sabotage et l'arrachage ont été comptés 21,40 en moyenne par pieu. (b) La ligne (b) se rapporte aux installations situées au-dessous du niveau du rail. — (c) La ligne (c) comprend toutes les installations faites au-dessus des rails du pont de service pour l'établissement des vérins de suspension. — (d) La grue roulante comporte 13^m,37 de charpente de sapin, 100 kilog. de fer et 4 fortes roues en fonte, dont 2 à engrenage.

C. — Installations ne s'appliquant qu'aux fondations du viaduc de Canabéra (Rive gauche).

	CUBES.	PONT de service. (a)		GRUE roulante.		VOIE provisoire.		ABRI d'une machine soufflante de 16 chevaux.		ABRI d'une machine soufflante de 8 chevaux.		Totaux des frais de premier établissement.		Intérêt à 6 p. 100 pendant 1 an.	FRAIS à compter	
		fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.		fr. c.	fr. c.
		Depenses de premier établissement.	Dépréciation.	Depenses de premier établissement.	Dépréciation.	Depenses de premier établissement.	Dépréciation.	Depenses de premier établissement.	Dépréciation.	Depenses de premier établissement.	Dépréciation.	Totaux.	Par mètre cube.			
Culée rive gau- che du grand pont.	mc. 720 72	fr. c. "	fr. c. "	fr. c. 131 25	fr. c. 37 50	fr. c. "	fr. c. "	fr. c. "	fr. c. "	fr. c. "	fr. c. "	fr. c. 131 25	fr. c. "	fr. c. 7 875	fr. c. 45 375	fr. c. 0 00
Viaduc de Canabéra.																
Pile n° 1. . . .	293 16	187 53	54 33	131 25	37 50	226 87	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 69
— n° 2. . . .	303 55	187 53	54 33	131 25	37 50	226 88	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 67
— n° 3. . . .	235 82	187 53	54 33	131 25	37 50	226 87	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 71
— n° 4. . . .	319 68	187 53	54 33	131 25	37 50	226 88	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 64
— n° 5. . . .	317 96	187 53	54 33	131 25	37 50	226 87	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 64
— n° 6. . . .	316 20	187 53	54 33	131 25	37 50	226 88	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 64
— n° 7. . . .	320 14	187 53	54 33	131 25	37 50	226 87	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 64
— n° 8. . . .	303 10	187 53	54 33	131 25	37 50	226 89	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 67
— n° 9. . . .	323 93	187 53	54 33	131 25	37 50	226 87	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 63
— n° 10. . . .	329 60	187 53	54 33	131 25	37 50	226 88	31 56	54 23	44 46	"	"	599 89	599 89	35 993	203 843	0 62
— n° 11. . . .	317 99	187 54	54 34	131 25	37 50	226 87	31 56	54 23	44 47	"	"	599 89	599 89	35 993	203 853	0 64
— n° 12. . . .	316 20	187 54	54 34	131 25	37 50	226 88	31 56	54 23	44 47	"	"	599 90	599 90	35 993	203 863	0 64
— n° 13. . . .	316 20	187 54	54 34	131 25	37 50	226 87	31 57	54 24	44 47	"	"	599 90	599 90	35 993	203 873	0 64
— n° 14. . . .	316 20	187 54	54 34	131 25	37 50	226 89	31 57	"	"	112 33	92 33	658 00	658 00	39 480	255 220	0 81
— n° 15. . . .	316 20	187 54	54 34	131 25	37 50	226 87	31 57	"	"	112 33	92 33	657 99	657 99	39 480	255 220	0 81
Culée.	336 40	"	"	"	"	226 88	31 57	"	"	112 34	92 34	339 22	339 22	20 353	144 263	0 43
TOTAUX. . . .	5753 10	2813 00	815 00	2100 00	600 00	3630 00	505 00	705 00	578 00	337 00	277 00	9585 00	9585 00	575 100	3350 100	

Observations. — (a) Le pont de service comprend simplement une voie provisoire pour la manœuvre d'une 2^e grue roulante, courant sur longrines posées sur le sol et soutenues à la traversée des fouilles de chaque pile par des chevalets. Cette voie, d'une longueur totale de 130 mètres, est déplacée au fur et à mesure de l'avancement des ouvrages.

faits au 1^{er} novembre. (8 400 mètres cubes.)

	FRAIS à comptoir.		OBSERVATIONS.
	Total.	Par mètre cube.	
	fr. c.	fr. c.	
Personnel et surveillance. (Du 1 ^{er} juillet 1880 au 1 ^{er} novembre 1881.)	48 000 00	5 71	Un ingénieur représentant de l'entreprise, 2 dessinateurs, 1 comptable, 1 chef de chantier, 1 chef d'équipe, 1 maître charpentier, 1 maître charretier, 1 surveillant, le personnel de la forge (1 forgeron et 2 aides non compris les chefs de poste, dont la dépense est comprise dans le prix du défilé. 27,60 p. 100 du prix de main d'œuvre, les entrepreneurs retiennent suivant l'usage 2 p. 100, il ne reste à comptoir que 27,60 p. 100. A répartir sur 10 000 mètres cubes.
Assurances contre les maladies et les accidents.	1 400 00	0 17	
Frais d'adjudication (affiches, frais d'expéditions, etc.)	1 236 80	0 13	
Patente (sol du 15 juillet 1880) sur 606 300 francs, (sur le montant des 21 fouda-bilati lions au-dessous de l'étiage. $\times 1569,08 = 1863 02$)	3 232 10	0 38	
Droits d'enregistrement (pour 606 300 francs).	775 00	0 09	
Partie d'intérêt du cautionnement de 35 000 francs pendant 17 mois, soit 2 p. 100	1 000 00	0 12	A répartir sur 10 000 mètres cubes.
Intérêts d'avances de fonds et de retenue de garantie.	4 800 00	0 57	
Frais divers qui ne peuvent être classés.			
Voyages avant et pour l'adjudication (par aperçu).	1 500 00	0 18	
Frais de transport du matériel et du personnel (par aperçu).	4 800 00	0 48	
TOTAUX.	67 002 90	7 80	

Récapitulation des frais à compter par mètre cube pour matériel, installations et frais généraux.

	MATÉRIEL.	INSTALLATIONS.	FRAIS généraux.	ENSEMBLE.
GRAND PONT.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Pile n° 1.	2 91	3 84	7 80	14 55
— n° 2.	2 91	3 99	7 80	14 79
— n° 3.	2 91	9 17	7 80	19 88
— n° 4.	2 91	5 04	7 80	15 75
Culée rive gauche.	2 91	0 51	7 80	11 22
VIADUC DE CANABÉRA.				
Pile n° 1.	2 91	1 14	7 80	11 85
— n° 2.	2 91	1 12	7 80	11 83
— n° 3.	2 91	1 16	7 80	11 87
— n° 4.	2 91	1 09	7 80	11 80
— n° 5.	2 91	1 09	7 80	11 80
— n° 6.	2 91	1 09	7 80	11 80
— n° 7.	2 91	1 09	7 80	11 80
— n° 8.	2 91	1 12	7 80	11 83
— n° 9.	2 91	1 08	7 80	11 79
— n° 10.	2 91	1 07	7 80	11 78
— n° 11.	2 91	1 09	7 80	11 80
— n° 12.	2 91	1 09	7 80	11 80
— n° 13.	2 91	1 09	7 80	11 80
— n° 14.	2 91	1 26	7 80	11 97
— n° 15.	2 91	1 26	7 80	11 97
Culée.	2 91	0 88	7 80	11 59

CHAPITRE IV.

TRAVAUX.

Exécution des fonçages. — Accidents. — Renseignements statistiques.

Nous ne citerons ici que les faits intéressants, observés en dehors de la marche régulière des fonçages.

Déversement de la pile 3 du Grand Pont. — Le caisson fut échoué le 4 décembre sur le gravier avec une inclinaison transversale de 4,2 p. 100, qui avait disparu quand on atteignit le tuf. Mais, par suite sans doute d'une plus grande hauteur de gravier du côté de la rive, il s'inclina de

nouveau vers le thalweg, malgré les précautions prises pour le redresser (*).

A la dernière descente, la rigole sous le tranchant n'étant ouverte que du côté des terres, la pression fut lâchée jusqu'à 0, sans que l'inclinaison diminuât : elle était alors de 3,1 p. 100.

Le fonçage interrompu par les crues d'hiver fut repris le 10 juillet 1881, plus de six mois après : dans cet intervalle, les eaux avaient déchaussé le massif, dont l'inclinaison descendit d'elle-même de 3,1 p. 100 à 1,1 p. 100.

On crut pouvoir alors enlever les étais qui gênaient le travail ; mais l'inclinaison augmenta de nouveau jusqu'à 2,4 p. 100 ; de nouveaux étais la réduisirent à 1,2 p. 100. — Une maçonnerie de briques posées à plat fut engagée sous le tranchant avant le remplissage, du côté du thalweg.

C'est le seul caisson qui se soit déversé : il a été facile pour tous les autres, surtout dans le gravier, d'obtenir des descentes verticales (**).

Accident à la pile 1 du viaduc. Décollement horizontal des maçonneries pendant une descente. (Pl. 4, fig. 8 bis à 12.)

— Les fondations du viaduc étaient foncées sans hausses : pour la pile 1, au-dessus de la chambre de travail, d'une hauteur de 2^m,51, les moellons de parement, posés sans garnis et rejointoyés au ciment, frottaient directement sur le terrain traversé, lequel se composait de graviers récents très mobiles, s'enlevant facilement à la pelle sans piochage, et donnant par conséquent lieu à un frottement considérable.

Le 1^{er} avril 1881, on procéda à une descente dans les conditions suivantes (voir Pl. 4 fig. 12) :

(*) Dragage du gravier, étais sous le poutrage du côté le plus bas, charge sur les maçonneries du côté opposé.

(**) Au demeurant, les ressauts excessifs qui avaient été ménagés, mettaient à l'abri de toute difficulté d'implantation dans les maçonneries d'élévation.

Encastrement	{	dans le tuf.	0 ^m ,98	
		dans le gravier {	de la chambre	
			de travail. . .	1 ^m ,53
			de la maçonnerie	5 ^m ,95
Poids	{	de la maçonnerie exécutées.	664 800 ^k ,00	
		de la surcharge (moellons	60 000 ^k ,00	
		rangés à la main sur		
		les maçonneries). . . .		
		de la chambre de travail	105 600 ^k ,00	
(fers, maçonnerie de la				
crinoline, sas, chemi-				
nées, béton entre les				
		poutres).		
		Total. . . .	830 400 ^k ,00	

soit en atmosphères $\frac{830\,400^k}{10\,333^k \times 45^{mq},171} = 1^{at},779.$

Sous-pression de l'air comprimé	{	Pression au manomètre. . .	0 ^{at} ,85
		Pression par mètre carré	
		0,85 \times 10 333 =	8 783,05
		Pression totale	
Excès de charge	{	8 783,05 \times 45 ^{mq} ,171 =	396 700 ^k ,
		en kilogrammes (sur la surface totale).	433 700 ^k
		en atmosphères.	0 ^{at} ,929

La pression fut abaissée de 0^{at},85 à 0^{at},20 ; à ce moment il se produisit comme deux bruits de chocs très rapprochés, et le massif descendit d'une hauteur de 0^m,69.

On constata immédiatement, en relevant les distances verticales de repères fixes sur les sas et sur les maçonneries, qu'elles s'étaient accrues de 0^m,08 et 0^m,12 ; il y avait donc eu décollement horizontal du massif.

On s'explique facilement les deux secousses observées : dès que, par suite de l'abaissement de la sous-pression, la séparation se fut faite, la chambre de travail avec les che-

minées et les sas, se mit seule en marche. Quand les sas vinrent reposer par leur partie inférieure sur les moellons de surcharge, les cheminées firent tirants, et transmirent à la partie supérieure du massif le poids de la chambre augmenté de la force vive de la première descente ; sans cette heureuse circonstance, le décollement eût été de toute la hauteur de la descente, soit de 0^m,69, et les travaux de reprise fussent devenus fort difficiles.

On continua le fonçage jusqu'à la cote prévue, en soutenant le caisson à l'emplacement qu'il occupait après la descente. Après le remplissage de la chambre, on procéda comme suit à la réparation de l'accident (Pl. 4, *fig. 8 bis à 11*) :

On enleva les cheminées et les écluses, et sur la partie supérieure du massif on scella au ciment, au droit de chaque puisard, une plaque carrée de tôle de 2^m,40 de côté et 0^m,015 d'épaisseur, raidie sur les deux axes et les diagonales par un T de $\frac{100 \times 60}{8}$, sur laquelle on boulonna une écluse avec une virole de 2 mètres, après avoir exécuté 2 mètres de maçonnerie, pour maintenir la plaque d'appui. L'air comprimé permit de descendre au niveau de la cassure, laquelle suivait le plan supérieur des ailes du poutrage, à la séparation de la maçonnerie et du béton.

On démolit alors, par reprises successives 1, 1—2, 2—3, 3—4, 4—5, 5 (Pl. IV, *fig. 8 bis à 10*) la maçonnerie faite depuis chaque cheminée jusqu'à 0^m,35 à 0^m,40 au plus du parement extérieur : comme l'eau ne pouvait descendre qu'au niveau de la lèvre supérieure de la cassure, et qu'elle montait d'une dizaine de centimètres à chaque éclusée, on posa, après décapement de l'ancien béton, une couche de 0^m,30 de béton fin de Portland, qu'on bourra jusqu'au parement extérieur, et on put alors exécuter à sec la maçonnerie de remplissage.

La reprise a comporté un cube de 10^m,72 de béton

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

maçonnerie; en tout 26^m,79; elle
 cours 5) et coûté 4 700 francs, savoir
 llement de deux plaques carrées en
 1 454 kilogrammes à 0^f,755 = 1
 en place et ajustage des sas,
 anciennes maçonneries, pose
 d'air.
 et à l'intérieur des puisards. .
 démolition.
 reconstruction.
 comprimé (324 heures à 4^f,25). .
 des cheminées et sas).
 En tout. . . . 4

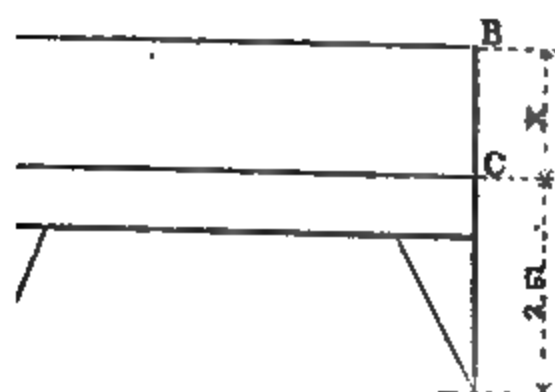
de reprise $\frac{4\ 700}{26,79} = 175^f,44.$

prendre compte comme suit des ci

un massif de fondation retenu par l
 la sous-pression, à quelles condi
 on pourra se produire une séparat
 f? Soient :

à quelconque.

au-dessus du niveau supérieur des



l'encastrement au-dessus de AB.

et à l'arrachement par mètre carré

K_1 le frottement moyen par unité de la tôle sur le terrain traversé au niveau du couteau.

K_2 le frottement moyen par unité de la maçonnerie sur le terrain traversé à la profondeur $z+x$.

y la valeur en mètres d'eau de la sous-pression.

La surface AB, déduction faite des deux chemi-

nées est.	42 ^m ,00
Celle du massif.	45 00
Le périmètre.	25 ^m 00

Le massif au-dessus de AB étant retenu par le frottement latéral, on doit avoir, pour qu'il n'y ait pas rupture, l'inégalité suivante entre les forces agissant sur la partie inférieure.

Poids du segment \leq résistance à l'arrachement
+ frottement latéral + sous-pression.

$$\underbrace{42^m \times 2400^k \times x}_{\text{Poids de ABCD.}} + \underbrace{105\,600^k}_{\substack{\text{Poids} \\ \text{du caisson} \\ \text{et des sas.}}} \leq 42^m \times R_a + 25 \left[K_2 [(z+x)^2 - z^2] + K_1 [(z+x+2,51)^2 - (z+x)^2] \right] + 45^m \times 1000 \times y.$$

$$100\,800 x + 105\,600^k \leq 42 R_a + 45\,000 y + 25 \{ K_2 x (2z+x) + K_1 2,51 [2(z+x) + 2,51] \}.$$

Pour une section quelconque, autre que DC, on peut admettre :

R_a (adhérence de la maçonnerie sur la maçonnerie avec des mortiers de chaux du Teil vieux de quarante-cinq jours). . 15 000^k

Remplaçant R_a , négligeant K_1 , prenant pour K_2 400 kilogrammes valeur inférieure à la limite trouvée plus loin de 500 kilogrammes, et ne tenant pas compte du terme en z , c'est-à-dire faisant trois hypothèses défavorables, l'inégalité se réduit à :

$$x^2 - 10,08 x + 4,5 y + 52,44 \geq 0.$$

Supposons le cas limite $y=0$ (qui se produit dans les terrains étanches),

$$x^2 - 10,08 x + 52,44 \geq 0,$$

inégalité satisfaite par toute valeur de x .

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

Néglige encore le frottement K_1 , l'inégalité devient :

$$x < 5^m,20 + 0,4y, \text{ soit } < 5,20$$

pression devient nulle. On voit qu'on n'avait pas à Marmande de rupture du massif de maçon-

on considère seulement le segment inférieur à CD, et R_b la résistance à l'arrachement suivant CD, précédente deviendra, en négligeant K_1 comme nent :

$$105\,600^k \leq 42^m \times R_b + 45\,000y.$$

est petit, en raison de la faible adhérence de la sur le béton (on n'avait pas assez ménagé d'ar-) et sur les ailes des poutres. Négligeant R_b , la pour qu'il n'y ait pas de tension suivant CD, est :

$$y \geq \frac{105\,600^k}{4\,500}, \geq 2^m,35.$$

re s'est en effet produite pour $y = 2^m,20$.

Effets de la suppression des hausses. — Moyens pour prévenir les accidents qui en résultent. — résultant de la suppression des hausses est en ar mètre carré de 34 kilogrammes de fer, soit 7 francs; soit pour une pile de viaduc, de

n entenda que cette observation n'a de valeur que pour les cas les hypothèses restreintes du calcul, savoir : sont les maçonneries sont vieilles d'un mois et demi au moment deux terrains de frottements différents, mais tous deux homogènes de résistance particuliers, et séparés par un plan horizontal. moes se rencontrent à peu près dans tout le bassin lacustre de

il et l'observation ci-dessus n'ont plus de sens dans tout autre le :

se coïncant dans les irrégularités du parement, s'il est mal revêtu, asses trop minces, soit par un enduit insuffisant ; — plans de glissement donnant lieu à d'importants mouvements de terrain et par sautes ments du massif ; — maçonneries trop fraîches au moment de la

t que dans ces cas, des décollements peuvent se produire en à du massif que le dessus des poutres.

25 mètres \times 17 francs = 425 francs par mètre de hauteur, $\frac{425}{45} = 9^{\text{f}},22$ par mètre cube, et 425 francs \times 6 mètres = 2 550 francs par fondation, 40 000 francs pour les quinze piles et la culée du viaduc. Mais on renonce ainsi aux avantages des hausses, qui diminuent les frottements latéraux et en rendant solidaire toute la surface extérieure des massifs, préviennent l'effet des différences de poussée qui peuvent se produire aux différentes hauteurs; si l'on ne prend pas les précautions énumérées plus loin, l'on s'expose à perdre en travaux de reprise bien au delà de l'économie réalisée par la suppression des hausses.

On vient de voir qu'à Marmande on n'avait pas, pour des maçonneries assez anciennes, à craindre de décollement au milieu du massif. Il n'y avait de danger qu'au plan supérieur du poutrage pour lequel, d'une part, la résistance à l'arrachement est sensiblement moindre, de l'autre, le frottement latéral est réduit par la paroi du caisson. Cette double cause de danger n'existe pas pour les fondations sur rouet, qui formant un massif homogène, n'ont pas de plan de séparation au-dessus des chambres de travail, et dont les parois présentent sur toute la hauteur une égale résistance au frottement.

Nous remarquerons, en passant, que le danger des décollements serait très sensiblement réduit dans un terrain perméable, pour lequel la sous-pression ne pourrait se réduire que de la hauteur du caisson : soit de 2 mètres seulement.

Pour prévenir le retour de l'accident de la pile 1, il fut interdit, pour les piles suivantes, d'abaisser la pression dans la chambre au-dessous de 0^m,55 — soit 2 fois et un tiers le poids de la chambre de travail (métal, béton, crinoline et sas). — On relia solidement les sas aux maçonneries supérieures; les cheminées faisaient ainsi tirants, et rendaient la chambre solidaire du massif. Enfin la pression ne fut

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

achée par les soupapes, mais seulement par les quatre
ets des sas.

ar réduire le frottement des maçonneries sur le gra-
on revêtit le parement du massif, sur une hauteur de
tres, d'un enduit de mortier de Portland de 1 centi-
à 1^c,5 d'épaisseur (1 volume de sable pour 1 volume
ment), soigneusement lissé : il a coûté en moyenne
par mètre carré de parement. Le mètre carré
usses de 0^m,003 pèse 34 kilogrammes et coûte
ancs.

ur les piles 2 et 3, en cours de fonçage, on s'est
à disposer autour du massif des saucissons d'osier
lescendaient avec lui. Lorsque, malgré l'abaissement
pression, les massifs ont cessé de descendre, on a
é de l'étanchéité du tuf, pour continuer le fonçage
à la cote prévue, et tout remplir en béton, en défen-
par un muraillement en briques toute la partie en
bas du tranchant. (Pile 3. Voir Pl. 3, fig. 1.)

onze piles (2 à 12) ont été, grâce aux précau-
prises foncées sans aucun accident : l'enduit de ciment
sensiblement facilité les descentes : il a suffi partout
isser la pression de deux à trois dixièmes (*).

Remplissage des chambres de travail.

— *Remplissage en béton.* — Le béton était composé
ois volumes de sable, pour deux de mortier au dosage
o kilogrammes de Portland par mètre cube de sable ;
nposition moyenne du mètre cube de béton mis en
a été 185 kilogrammes de ciment, 0^m,347 de sable,
50 de gravier.

ne bonne précaution, qu'il n'était plus temps de prendre, eût été d'atta-
caisson au massif par des tirants ancrés dans la maçonnerie : il eût suffi
rants de 0^m,025, travaillant à 12 kilogrammes, pour soutenir les 105 800
mes de la chambre de travail et prévenir l'accident de la pile 1 : la dé-
ar pile n'eût pas dépassé 300 francs.

Pour les fondations sur rouet, le damage du béton dans la chambre de travail se fait sous les pieds comme pour le béton posé à sec à l'air libre : l'angle aigu de l'ogive est facile à bourrer; tout au plus resterait-il au milieu du massif un petit vide triangulaire à l'arête de la voûte.

Il n'en est pas de même pour les caissons ordinaires, où l'on doit bourrer le béton de bas en haut sous un plafond horizontal, et nous ne croyons pas qu'un ingénieur puisse jamais compter sur un bourrage sans vide (*); c'est à peine si avec l'exactitude la plus scrupuleuse dans la surveillance et l'exécution, et en supposant le travail exécuté sous ses yeux, il pourra répondre d'un remplissage suffisant.

La pose du béton s'effectuait comme suit :

Le béton est d'abord pilonné par couches horizontales de 0^m,30 à 0^m,40 jusqu'à une hauteur uniforme de 0^m,50 à 0^m,60, puis relevé en talus autour de chaque cheminée : les talus étaient damés avec soin, et on bourrait sous le plafond avec des bourroirs en bois taillés en biseau. A la fin, il n'y a place que pour un tubiste, qui doit remonter à chaque éclusée du béton.

Peut-on, dans de pareilles conditions, sérieusement compter sur la bonne exécution d'un travail impossible à sur-

(*) La question du remplissage est celle qui a le plus préoccupé les ingénieurs. A la culée est du pont Saint-Louis, sur le Mississipi, le remplissage a été exécuté avec du sable sur la plus grande hauteur, et achevé en béton. A la pile Brooklyn du pont sur la rivière de l'Est, le plafond fut soutenu par 72 piliers de briques calculés pour supporter à eux seuls toute la charge, en cas d'abaissement de pression (M. Malézieux, *Fondations à l'air comprimé*, 1874, p. 52). Pour diminuer le cube du déblai et celui du remplissage on a quelquefois laissé le sol intérieur plus haut que le tranchant du caisson; à Brooklyn (M. Malézieux, ouvrage cité plus haut, p. 55) on laissa 1 mètre de sol naturel (argile compacte). A Marmande on a laissé à la pile 1 du grand pont 0^m,15 à 0^m,20 (marne compacte). Aux ponts de Nantes sur la Loire, on avait conservé sous le béton, une épaisseur de sable de 0^m,75. M. Morandière (p. 107) attribue à cette tolérance les tassements observés dans les massifs, qui ont atteint jusqu'à 0^m,468 à la pile 5 du deuxième bras. Dans un grand nombre de fondations, on s'est contenté de béton de chaux, qui prend moins vite, mais a moins de retrait que le béton de ciment. (Ponts de Sainte-Foix et Prigonrieux sur la Dordogne (béton de chaux de Saint-Astier).

veiller, et confié à de simples manœuvres, qui n'ont même pas, comme l'ont souvent les maçons, l'amour-propre de leur métier?

b. — Bourrage en maçonnerie ordinaire. — Dans quelques fondations, nous avons essayé de terminer le remplissage avec de la maçonnerie ordinaire; nous croyons, après expérience, que c'est un plus mauvais système; car si l'on peut, à la grande rigueur, poser d'une manière à peu près satisfaisante du béton dans une chambre, on est certain de n'y faire qu'une maçonnerie fort médiocre. A Marmande, on ne trouvait pas de maçons pour descendre du premier coup dans de l'air comprimé à sa pression maxima, vicié et surchauffé par le ciment et les bougies, et ne se renouvelant plus en raison de l'étanchéité du tuf, et il fallait en confier l'exécution à des manœuvres dans des conditions déjà difficiles pour un maçon de profession, sans possibilité de surveillance sérieuse, dans un air obscurci par la fumée des bougies et la vapeur d'eau qui se formait à chaque éclusée, quand le volume de la chambre était trop réduit par le remplissage. Le béton au contraire est fabriqué à l'air libre: on n'a dans la chambre qu'à surveiller la simple opération du damage, à laquelle sont exercés les tubistes et qui est beaucoup plus rapide qu'un blocage en moellons, considération importante au point de vue de la santé des ouvriers. Aussi, malgré les craintes sérieuses de vides sous le plafond, ou de tassement dans le béton, ce mode de remplissage est-il le plus généralement employé aussi bien pour les ponts en maçonnerie à grandes arches (ponts de Sainte-Foy et de Prigonrieux sur la Dordogne — arches de 30 mètres) que pour les très hautes piles (pile droite du viaduc du Credo sur le Rhône: hauteur 72^m,45, — pile New-York du pont sur la rivière de l'Est: hauteur 105 mètres).

c. — Bourrage en briques. — Pour la pile 9, nous avons fait maintenir le béton par des panneaux verticaux en planches, jusqu'à 0^m,40 au-dessous du plafond, pour permettre

au maçon d'être bien à portée de son travail, et achever le remplissage en maçonnerie de briques, qui se prêtent bien à un bourrage sous un plafond plat, exigent peu de main-d'œuvre et se manient plus facilement que des moellons ordinaires. A cause de l'extrême chaleur de l'été 1881 (l'air des cloches, humide, c'est-à-dire n'évaporant pas, a atteint 41 degrés), ce travail, le premier de ce genre, n'a pu être exécuté dans les meilleures conditions : cependant on verra plus loin que les vides y ont été réduits de 33/100 environ. Nous pensons que c'est là, et de beaucoup, le meilleur mode de remplissage.

d. — Cubes et vitesses de remplissage. — Le tableau ci-après donne, pour les vingt et une fondations, les cubes et les vitesses des remplissages des chambres de travail (*).

(*) A Brooklyn, on posait 75 mètres cubes de béton par journée de seize heures, soit 4^m,56 par heure, avec deux puits (M. Malézieux, *Fondations à l'air comprimé*, p. 55).

MOIRES ET DOCUMENTS.

Vitesse de remplissage.	CUBE EMPLOYÉ		OBSERVATIONS.
	total.	par heure.	
	mc.	mc.	
3	148,00	3,44	La première fondation de la campagne.
2,5	122,70	2,91	
0	122,70	2,45	
5	132,11	3,77	
4,5	128,00	3,71	
1	148,00	3,61	
8	89,60	3,16	Pour les piles 1, 2, 3, le fonçage a été descendu au dessous du couteau de 0 ^m ,34 — 1 ^m ,47 — 1 ^m ,19.
4	139,60	4,11	
9	120,00	4,14	
7	72,00	4,24	
7	72,00	4,24	
7	72,40	4,26	Y compris l'achèvement en briques sur une hauteur de 0 ^m ,40.
7	72,20	4,25	
9	72,70	3,83	
7	70,00	1,50	
1	73,50	3,50	
9	72,90	3,84	La vitesse de remplissage n'est que le tiers de celle obtenue avec deux portes, à cause de l'interruption du travail pendant l'éclusage.
3	73,05	3,18	
4,5	60,00	1,74	
4	61,00	1,80	
7	61,10	1,65	
3	112,00	1,14	

Les deux sas, deux étaient réservées au passage des

ment pour l'achèvement du remplis-
es 3 et 4 du grand pont, la culée et
iaduc, nous avons achevé le remplis-
coulis de ciment liquide. A l'aplomb
ée, la surface du béton était maintenue
contre-bas du plafond, sous lequel on
canaux pour l'introduction du coulis,
1 sas dans chaque cheminée; pour le
e béton, on exagérait la pression de

l'air comprimé. Au commencement de chaque expérience l'équilibre de pression s'établissait immédiatement d'une cheminée à l'autre : à la fin, les vides étaient si bien remplis, qu'un des sas étant à une pression de 10 mètres, les portes de l'autre s'ouvraient d'elles-mêmes; l'opération durait cinq heures en moyenne.

Nous donnons ci-après les quantités de ciment employé :

		SURFACE du massif.	QUANTITÉ DE CIMENT EMPLOYÉE		
			en poids.	en volume	
				à l'état de pâte.	à l'état de coulis.
Caissons métalliques (plafond plat).	<i>Grand pont.</i>	mq.	kil.	mc.	mc.
	Culée (rive droite)..	90,38	1600	1,036	1,509
	Pile 3.	74,027	1462	0,974	1,379
	— 4.	74,027	1462	0,974	1,379
	<i>Viaduc</i> (rive gauche).				
	Pilo 8.	45,17	2066	1,377	1,949
	— 9(bourrage en briques). .	45,17	952	0,634	0,898
	— 10.	45,17	1470	0,979	1,336
	— 11.	45,17	1356	0,904	1,279
	— 12.	45,17	1530	1,020	1,443
Voûtes ogivales en maçonnerie sur rouet.	— 13.	45,99	1190	0,786	1,113
	— 14.	45,99	1139	0,759	1,074
	— 15.	45,99	1178	0,785	1,111
	Culée.	68,63	380	0,253	0,358

Ce tableau met en évidence au point de vue de l'exactitude du remplissage :

1° Pour les caissons métalliques, l'avantage du bourrage en briques (pile. 9).

2° La supériorité des fondations sur rouet.

Fonçages des massifs sur rouets. — Le fonçage des rouets s'est exécuté dans d'excellentes conditions : les massifs ont tenu l'air mieux que les caissons métalliques. Il n'y a eu aucune déformation dans les graviers : mais dans le tuf, aux piles 13 et 14, il y a eu déformation du rouet, à l'aval, à égale distance du sommet du grand axe aux deux autres, et en un point, rupture d'un tirant et de

MOIRES ET DOCUMENTS.

u rouet entre deux contre-fiches : au-formation, un léger avancement de la ques. Il importe de remarquer que ces été beaucoup moindres que celles des ons métalliques, dont pas une n'a atteint mbreuses déchirures verticales (*).

ulaire de la culée Casteljaloux a été foncé vier, et 2^m,09 de tuf sans aucun arrêt, ation : l'intervalle entre les contre-fichesaisseur de la paroi de 0^m,024 pour les ^m,020 pour les petits et les tirants de es dimensions avaient été réduites pour es à 0^m,808, 0^m,015 et 0^m,025.

u'il eût convenu pour la traversée du rvalle des consoles à 0^m,60.

fraux. — Tous les massifs, avec ou sans e descendre par leur poids après un cer- lans le sol, dépendant de la charge, de (hausses, maçonneries avec ou sans en- e du terrain traversé (graviers plus ou ..).

yé, pour les fondations du viaduc d'éva- rottement du terrain sur la paroi : ces une retraite à 4^m,50 au-dessus du ons négligé le frottement du tuf sur les t admis que celui de la maçonnerie au- aite était, en raison des éboulements

es déformations du rouet ne se sont produites que dans le les résultent évidemment du mode d'exécution du déblai. isait au droit du tranchant, pour soutenir le caisson, unurrelet de tuf ABC qu'on enlevait au moment de la des- laquelle, en raison de l'enduit extérieur de ciment et du u massif, s'est toujours produite d'elle-même sans abaisse- pression ; le rouet, se faisant alors à lui-même son pas- endant à se fermer vers l'intérieur. D'où les déformations ées.

s'est produite dans les 3 rouets du viaduc de rive droite.

provoqués par le passage du massif, la moitié seulement, du frottement inférieur, bien qu'en fait il paraisse être plus considérable, et obtenu ainsi une *limite supérieure* du frottement du gravier sur la maçonnerie. K étant le coefficient de frottement par mètre carré, H l'encastrement dans le gravier de la base des maçonnettes, P le périmètre du massif inférieur, P' le périmètre au-dessus de la retraite, on avait alors pour valeur du frottement total :

$$F = KP (H^2 - (H - 4,5)^2) + \frac{1}{2} KP' (H - 4,5)^2$$
$$= K \left[PH^2 - \left(P + \frac{1}{2} P' \right) (H - 4,5)^2 \right]$$

π étant le poids total du massif (y compris écluses, surcharges).

z, la tension en atmosphères, indiquée au manomètre au moment d'une descente.

S la surface du massif,

on avait : $\pi = Sz \, 10^m,333 \times 1000^2 + F,$
d'où F.

Le tableau ci-après donne les valeurs de K, pour huit fondations (*).

(*) M. Schmoll d'Eisenwerth (voir *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ing.* 1877) a trouvé pour le frottement les valeurs suivantes, à quatre ponts sur le Danube, avec caissons en tôle :

EMPLACEMENT des OUVRAGES.	NATURE DU TERRAIN TRAVERSÉ.	ENCASTREMENT DU CAISSON dans le terrain.	FROTTEMENT EN KILOS par mètre carré.
		m. m.	kil. kil.
Vienne 1868-69. .	Gravier et sable. — Couche très dure de gravier.. . .	3,6 à 7,5	1274 à 3379
Steyeregg 1870-71	Gravier et sable. — Grandes pierres vers la fin, schiste dur.	3,5 à 12,00	1743 à 2636
Vienne 1870. . . .	Gravier, sable et grandes pierres.. . . .	4,9 à 12,30	1866 à 2766
Vienne (Kronprinz Rüdolf)..	Gravier, sable et gros gra- vier.	6,9	2233

Il a observé de plus que le frottement variait suivant la forme du massif; qu'il était moindre pour des piles rondes ou carrées, plus grand pour les sections allongées et qu'il diminuait avec la profondeur.

DÉSIGNATION DES FONDATIONS.	TENSIONS en atmosphères au moment où la descente s'est produite.	VALEUR de la sous-pression en kilogr. $\frac{5}{8}$ $\sigma = Sz 1033k$.	POIDS TOTAL du massif en kilogrammes.	VALEUR DU FROTTEMENT en kilogrammes (maçonnerie sur gravier).	ENCASTREMENT dans le gravier du dessus du poutrage	COEFFICIENT de frottement (maçonnerie sur gravier).	FROTTEMENT MOYEN par mètre carré de surface latérale (maçonnerie sur gravier) $\frac{F}{4,5P + (H - 4,5)P}$
<i>Viaduc de Canabéra</i>	at.	kil.	kil.	kil.	m.		kil.
Pile 1.	0,40 0,25	186 680 116 670	830 400	643 720 713 730	4,9 5,9	1072 844	5 220 4 974
Pile 2.	0,70	326 700	858 000	531 300	5,9	628	3 703
Pile 3.	0,80 0,68	373 400 317 300	857 000 854 000	433 600 536 700	7,0 5,5	425 720	2 888 3 983
Pile 4.	0,66 0,69 0,70 0,80	308 000 322 000 326 700 373 400	849 000 849 000 849 000 850 000	541 000 527 000 522 300 476 400	6,0 6,5 7,1 5,9	621 527 447 563	3 714 3 366 3 079 3 320
Pile 5.	0,80 1,00 0,58	373 400 466 700 270 700	850 000 850 000 850 000	476 400 333 300 579 300	6,4 6,8 5,9	488 353 685	3 086 2 350 4 038
Pile 6.	0,60 0,70 0,75	280 000 326 700 350 000	850 000 850 000 850 000	570 000 523 300 500 000	6,1 6,3 5,4	636 553 697	3 856 3 745 3 771
Pile 7.	0,70 0,70 0,55	326 700 326 700 256 700	850 000 850 000 850 000	523 300 523 300 593 300	5,9 7,1 5,3	619 448 856	3 647 3 085 4 550
Pile 8.	0,50 0,60	233 400 280 000	850 000 850 000	616 600 570 000	6,3 6,6	652 553	4 051 3 592

Dépenses d'air. — Le tableau ci-après donne les dépenses d'air et le travail correspondant en chevaux, à différentes périodes du fonçage, pour les cinq types de fondations :

DÉSIGNATION des fondations,	VOLUME d'une cylindrée. v	PRESSIONS au manomètre. $A = \frac{P}{P_0} - 1$	NOMBRE de tours par minute. N	VOLUMES D'AIR PAR HEURE aspiré à la pression atmosphérique P_0 $V_1 = 2N \times 60 v$	fourni à la pression p (avec un rende- ment de 75 p. 100) $V_2 = 0,75 \frac{P_0 V_1}{P}$ $= 0,75 \frac{V_1}{1+A}$	VOLUME occupé par l'air comprimé (chambres, cheminées et sas).	TRAVAIL correspon- dant en chevaux par seconde. $\tau (a)$	OBSERVATIONS.
Pile 1 du Grand Pont. Surface : 74 ^m 017	0,0073	0,20 0,40 0,60 1,00 1,40	33 30 31 24,5 31,5	386,44 350,40 362,08 284,16 367,92	180,67 140,80 127,30 80,48 86,22	145,90 148,60 155,50 158,50 159,00	ch. 2,1 3,4 5,2 6,5 10,8 (maximum)	(a) τ est donné par la formule : $\tau = A c 12,233 \times \alpha \times \frac{P}{P_0} \left[\left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{c-c'}{c}} - 1 \right] V_0$ dont on trouvera à la suite de ce mémoire (note A) la signification. A cause de l'élasticité du sol, la pression n'a pas augmenté régulièrement avec le pro- fondeur. Pour ce même motif, le temps em- ployé pour chasser l'eau de la chambre a été très variable : de 1 heure à 2 h 40 pour le viaduc, de 1 à 2 heures pour la pile 1 du grand pont, de 3 heures pour la culée. Pour la pile 2, on n'a pu parfois chasser l'eau sous le coussin, et on a dû la vider par les échasses comme du débit ordinaire. C'est inconvenient, il a été facilement évité plongeant au niveau l'air libre.)
Culée du Grand Pont. Surface : 90 ^m 38	0,0073	0,20 0,50 0,75 1,00 1,35	30 34 37 40 36	350,40 397,12 432,16 467,20 443,84	164,25 148,90 138,91 131,40 106,20	172,50 175,95 179,35 182,85 186,25	1,9 5,0 8,0 10,4 12,4 (maximum)	Le volume occupé par l'air comprimé se décomposait comme suit, à la fin de chaque fonçage :
Viaduc de Canabéra. Pile 8. Surface : 45 ^m 17 (enlèvement métallique)	0,0073	0,45 0,75 0,90 1,05	36 34 36 36	420,48 397,12 420,48 443,84	163,12 127,60 124,47 121,77	94,10 101,00 101,00 101,00	4,9 7,4 8,7 10,4 (maximum)	
Culée. Surface : 68 ^m 63 (fondée sur roues).	0,0244	0,20 0,30 0,50 0,60 0,80 0,90	55 57 49 47 52 60	161,04 166,88 143,44 137,90 152,24 175,68	75,51 72,22 53,77 48,37 47,56 52,02	121,90 121,90 121,90 125,30 125,30 125,30	0,8 1,3 1,8 2,0 2,8 3,6 (maximum)	
								GRAND PONT VIADUC pile 1. culée pile 2. culée. Chambre de travail : 127,00 184,85 73,00 112,00 Chemins : 18,30 17,70 14,30 6,80 Sas : 9,60 9,60 9,60 9,60 Échasses : 6,10 4,10 4,10 Total : 159,00 186,25 101,00 125,30

MOIRES ET DOCUMENTS.

siologiques. — Du 22 oct
ivant, soit en 313 jours,
portant un cube de 7426 mè
es travaillant par poste de si
tant environ 119400 heures
, et 14 400 compressions, à
12 mètres (qui a atteint ex
et un jour 22 mètres.
ades; soit 57,3 p. 100, et
sant comme suit :

	NOMBRE		RAPPORT	
	des cas de maladie.	des jours de maladie.	du nombre des malades à celui des employés.	des cas de maladie.
Troubles de l'ouïe (b).	7	1		
Accident de décompression (c). . . .	1	49		
Congestion pulmonaire avec crache-		23		
	1	5		
	6	87		
	8	44		
	24	209	0,129	0,135
	38	660	0,205	0,213
	43	81 (g)	0,239	0,238
	105	1713	0,573	0,586

TO L'ÉTAT DE SANTÉ DES EMPLOYÉS, AINSI QUE LEUR MORTALITÉ.

(c) Symptôme une demi-heure après le sortie du cas, trouble de l'ouïe, surdité des deux côtés, vertiges, mouvement de balancement d'avant en arrière quand le malade était assis, impossibilité de se tenir debout, chutes des pupilles.

Les symptômes de rhumatismes.

répartissent comme suit sur les

Cas de maladie.	
Avril 1881..	8
Mai —	7
Juin —	24
Juillet —	3
Août —	4

fréquence des bronchites au froid la répartition par mois des cas de la étiologie chez les soldats et que la cause est à peu près la même.

Les particules de charbon venant des brèches et produisent au lieu de la décomposition, et amènent plutôt l'affection apoplectique aux tailleurs de pierre, mineurs, menuisiers, charbonniers, etc.

(g) Sur lesquels 2 cas seulement de rhumatismes, qui a été, au contraire, la maladie la plus fréquemment observée pendant la même période dans la garnison et la population civile.

TABLEAUX ET DOCUMENTS.

-major de la garnison
observations faites, estimant
a prédominé chez la
dépendante du travail

cas de rhumatismes r
siblement moindre que
la population civile
ode.

s de maladies obser
ultent certainement d
autres lumbago et de
séquence probable.

tistiques sur la marche
ans le tableau ci-apr
peut y avoir toute con
qui seront donnés p
its pris, pendant tout
, sans qu'aucun d'eux
raison avec les autres
e double série d'atta
ent vérifiés et coord

il de l'Ecole Polytechnique de
dont il s'est acquitté avec un

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

RENSEIGNEMENTS

N ^o	Profon- deur	Pressions pouces	Nombre de portes.	DURÉE DU FONÇAGE				Nombre moyen employés p ar foule	
				total de jours du commencement à la fin du fonçage (chômages compris).	d'heures de travail effectif			dans l'air comp (tubistes).	
					dans le gravier.	dans la molasse (tuf)	Total.	dans la chambre de travail (fouille et charge).	
								dans le gravier.	dans la molasse.
	m.	m.							
38	8 36	14 98	4	31	279	349	628	7 3	9
027	9 00	14 46	4	34	323	420	743	7	8 4
027	8 18	13 95	4	33	216	395	611	7	8 4
027	8 96	15 50	4	233	100	596	696	6 7	7 9
027	9 04	14 98	4	21	"	387	387	"	9
38	7 92	14 46	4	79	245 5	403 5	649	7 8	9 2
17	6 49	11 36	4	32	180	108	288	7	8 4
17	6 72	10 33	4	37	216	84	300	6 7	8 8
17	6 38	10 85	4	33	180	111	291	6 9	8 2
17	7 08	12 40	4	49	181	134	315	6 7	8 8
17	7 06	11 87	4	40	162	184	346	6 7	9 3
17	7 01	11 36	4	42	169	202	371	6 75	8 1
17	7 10	11 36	4	43	164	184	348	6 9	8 7
17	6 71	11 36	4	46	227	176	403	6 6	7 7
17	7 11	12 40	4	53	190	251	441	7 4	7 2
17	7 32	16 53	4	41	183	314	497	6 4	8
17	7 04	9 81	4	67	198	197	395	6 6	8 4
17	7 00	12 40	4	74	210	175	385	6 9	8
99	7 00	10 85	2	33	264	257	521	3 3	4 3
99	6 64	14 46	2	27	228	292	520	3 2	4
99	6 64	21 00	2	25	226	342	568	3 5	5 8
63	5 40	10 85	1	74	963	590	1 553	2 9	4

gences entre le tableau ci-dessus et la planche 3 pour les
ache 3 on a porté celui du dessous du béton de rempliss

AUX.

N ^o par factif m.)	Rapport du cube déblayé soissonne au cube déplacé par le caisson.			DURÉE EN JOURS D'EXECUTION de chaque fondation du commencement du montage à la fin du travail									
				Maçonnerie, fonçage.			Remplis- sage en béton.			Durée totale de travail.			
	Dans le gravier.	Dans la molasse (tréf).	Sans tenir compte de la nature des déblais.	Montage	Maçonnerie seule.	Maçonnerie et fonçage.	Fonçage seul.	Dans le chambre de travail air comprimé).	Des pulvéris. des chaudières de l'usine).	Arrêts.	Arrêts compés.	Arrêts non compés.	
232	"	"	"	29	13	17	13	2	2	159	235	76	
036	1 32	1 91	1 53	17	14	13	11	2	1	18	85	67	
140	1 15	1 81	1 45	16	9	13	18	2	1	18	77	59	
814	1 06	2 11	1 75	16	16	14	16	2	1	220	285	65	
859	"	1 74	1 74	20	9	13	4	2	1	34	83	49	
302	1 21	80	1 45	17	31	16	15	2	1	43	125	82	
275	1 19	2 03	1 40	9	27	"	13	2	"	"	"	"	
388	1 29	1 68	1 38	12	39	"	13	2	1	74	141	67	
433	1 17	1 55	1 26	15	39	"	14	2	1	107	178	71	
324	1 20	1 98	1 43	11	28	"	16	1	1	88	143	55	
293	1 12	2 17	1 48	6	34	"	16	2	1	82	141	59	
135	1 26	1 95	1 54	7	34	"	16	2	1	85	145	60	
261	1 25	1 60	1 37	8	32	"	16	2	1	57	116	59	
121	1 17	2 03	1 46	6	33	"	18	2	1	90	150	60	
039	1 16	2 00	1 47	12	33	"	20	6	1	121	193	72	
908	1 37	2 27	1 74	7	35	"	23	2	2	133	202	69	
165	1 28	2 00	1 52	6	36	"	19	2	1	126	190	64	
158	1 26	1 72	1 41	4	35	"	17	2	1	82	141	59	
739	"	"	"	16	23	14	19	2	1	18	97	75	
700	"	"	"	12	32	7	18	2	1	39	99	60	
662	"	"	"	17	18	19	11	2	1	79	95	66	
381	"	"	"	24	45	25	44	4	1	107	250	143	

on a pris l'encastrement au tranchant à la fin du fonçage, ouïu.

DES ET DOCUMENTS.

ves aux durées d'exécution (Pl. 7), dans lequel on a dessiné la maçonnerie au-dessus de la fondation : il donne pour chaque cas la surcharge, la vibration, le tassement. On remarque que la courbe de la maçonnerie dans le tuf est représentée par une arche qui répond aux descentes de la sous-pression.

CHAPITRE V.

PRIX DE REVIENT.

Comme les données du chapitre précédent, les prix portés aux tableaux ci-après résultent d'attachements pris pendant toute la durée d'exécution des travaux, sans qu'aucun d'eux ait été déduit ou modifié par comparaison avec les autres : ils ont tous fait l'objet d'une double série d'attachements, se contrôlant mutuellement et vérifiés chaque jour, et méritent toute confiance.

TABLEAUX DONNANT LE DÉTAIL DES PRIX DE REVIENT.

Tableau A. — Décomposition du prix du mètre cube de déblai et de béton de remplissage, exécuté dans l'air comprimé. — Prix de l'heure de fourniture d'air.

PRIX DE REVIENT DES TRAVAUX.

(Fers, maçonneries et fonçages, non compris frais généraux, matériel et installations.)

Tableau B. — Fondations du grand pont sur caissons métalliques avec hausses.

Tableau C. — Fondations du viaduc sur caissons métalliques sans hausses.

Tableau D. — Fondations du viaduc sur rouets.

Tableau E. — PRIX DE REVIENT RÉSULTANT DU MÈTRE CUBE EN FONDATION (tout compris).

ne non compris frais généraux, r.
ALLIQUES ET HAUSSES.

TABLEAU B.

PILE N° 2.			PILE N° 3 CULÉE RIVE GAUCHE.					
Cube au-dessous de l'étiage } 599 ^{me} ,62.			Cube au-dessous de l'étiage } 67.			Cube au-dessous de l'étiage } 720 ^{me} ,72.		
Prix de l'unité.	Dépenses		Quantités.	Prix de l'unité.	Quantités.	Prix de l'unité.	Dépenses	
	Totales.	Par mètre cube.			Tot.		Totales.	Par mètre cube.
fr. c.	fr. c.	fr. c.	kil.	fr. c.	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
0 47	8 834 12		18 796 00	0 47	8 8 600 00	0 47	10 152 00	
0 47	3 516 54		8 640 00	0 47	4 0 088 00	0 47	5 211 36	
...	12 350 66	20 598	...	...	12 8	...	15 363 36	21 316
20	226 38		3 582	62 15	2 4 50	62 038	279 17	
00	571 09		21 965	27 76	6 28 00	24 097	674 72	
08	2 955 14		132 110	22 56	2 9 48 00	20 401	3 019 23	
50	576 45		36 000	13 43	4 32 00	11 954	741 23	
657	7 482 04		448 690	21 65	9 7 64 33	19 157	8 895 17	
700	1 012 37		13 553	91 96	1 21 "	"	"	
62	212 02		17 000	12 26	2 13 89	11 737	163 03	
"	"		"	"	26 "	"	"	
...	13 035 49	21 739	...	...	15 67	...	13 772 65	19 11
	1 458 36				1 60		1 532 80	
	5 317 50				5 74		5 665 96	
	387 60				3		773 70	
	7 163 46	11 95			7 37		7 972 46	11 061
	174 30				15		200 00	
	140 00				11		"	
	"				9		"	
	"						"	
	35 00						180 00	
	349 30	0 582			35		380 00	0 527
	32 898 91	54 869			36 29		37 488 47	52 014



ne non compris frais généraux, et
 ALIQUES ET HAUSSES.

TABLEAU B.

PILE N° 2.			PILE N° 3.			CULÉE RIVE GAUCHE.		
Cube au-dessous de l'étiage } 599 ^m ,62.			Cube au-dessous de l'étiage } 62 ^m			Cube au-dessous de l'étiage } 720 ^m ,72.		
Prix de l'unité.	Dépenses		Quantités.	Prix de l'unité.	Quantités.	Prix de l'unité.	Dépenses	
	Totales.	Par mètre cube.					Totales.	Par mètre cube.
fr. c.	fr. c.	fr. c.	kil.	fr. c.	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
0 47	8 834 12		18 796 00	0 47	8 8 600 00	0 47	10 152 00	
0 47	3 516 54		8 640 00	0 47	4 0 088 00	0 47	5 211 36	
...	12 350 66	20 596	...	...	12 8	...	15 363 36	21. 316
20	226 38		3 582	62 15	2 4 50	62 038	279 17	
00	571 09		21 965	27 76	6 28 00	24 097	674 72	
08	2 955 14		132 110	22 56	2 9 48 00	20 401	3 019 28	
50	576 45		36 000	13 43	4 62 00	11 954	741 28	
657	7 482 04		448 690	21 65	9 7 64 33	19 157	8 895 17	
700	1 012 37		13 553	91 96	1 2 "	"	"	
62	212 02		17 000	12 26	2 13 89	11 737	163 03	
"	"		"	"	2 "	"	"	
...	13 035 49	21 739	...	...	15 6	...	13 772 65	19 11
	1 458 36				1 6		1 532 80	
	5 317 50				5 7		5 665 96	
	387 60						773 70	
	7 163 46	11 95			7 3		7 972 46	11 061
	174 30				1		200 00	
	140 00				1		"	
	"						"	
	"						"	
	35 00						180 00	
	349 30	0 582			3		380 00	0 527
	32 898 91	54 869			36 2		37 488 47	52 014

(Fers,

E D A

TARIF A H C

de l'éclage.		329 ^m ,80.		de l'éclage		318 ^m ,80.		de l'éclage		310 ^m ,71.	
Pr de l'usé.	fr. l.	Dépenses		Quantités.	Prix de l'unité.	Dépenses		Quantités.	Prix de l'unité.	Dépenses	
		Totales.	Par mètre cube.			Totales.	Par mètre cube.			Totales.	Par mètre cube.
		fr. c.	fr. c.	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
0 00	0 7	5 940 80		12 640 00	0 47	5 940 80		12 640 00	0 47	5 940 80	
"	"	"		"	"	"		"	"	"	
...	...	5 940 80	18 02	...	...	5 940 80	18 68	...	...	5 940 80	18 79
...
3 00	55 1	172 48		3 00	55 88	167 66		3 00	69 31	207 64	
17 00	20 1	373 86		17 00	21 96	373 36		17 00	19 49	331 36	
72 00	21 1	1 723 70		72 90	21 82	1 591 12		73 50	22 78	1 664 90	
19 00	11 1	233 70		19 00	11 13	211 40		19 00	11 66	221 60	
90 98	22 1	3 992 65		191 80	21 09	4 045 06		190 10	21 49	4 065 25	
"	"	"		"	"	"		"	"	"	
16 00	12 1	173 34		14 30	11 67	166 88		13 14	13 81	181 46	
19 36	3 8	390 57		116 72	3 346	390 57		116 72	3 346	390 57	
"	"	277 23		"	"	228 10		"	"	245 80	
"	"	"		"	"	"		"	"	"	
...	...	7 337 03	22 1	...	...	7 174 15	22 1	...	...	7 328 58	23 176
...
...	...	1 235 30		...	...	1 086 90		...	...	949 00	
...	...	3 864 00		...	...	3 176 10		...	...	3 013 10	
...	...	636 10		...	...	660 30		...	...	623 50	
...	...	5 735 40	17 1	...	...	4 923 30	15 1	...	...	4 585 60	14 50
...
...	...	254 57		...	...	290 42		...	...	221 39	
...	...	"		"		"	
...	...	100 00		...	...	90 00		...	...	90 00	
...	...	354 57	1 1	...	...	390 42	1 1	...	...	311 39	0 984
...	...	19 367 80	58 75	...	...	18 418 67	57 91	...	...	18 166 37	57 45

**PRIX DE REVIENT DES TRAVAUX (fers, maçonneries
VIADUC DE CANABÉRA. — CHAMBRES DE TRAVAIL**

		PILE N° 15		
		Cube au-dessous de l'étiage		322 ^{me} ,00
		Quantités.	Prix de l'unité.	Dépenses
				Totales.
				Par mètre cube.
A. — Fers.		kil.	fr. c.	fr. c.
Rouet-tirants et amorce de cheminée.		4 515 00	0 47	2 122 05
Total pour le titre A.				2 122 05
A' — Bois.				
Chêne pour les trois couronnes boulonnées sur le rouet (y compris calfatage et goudronnage)..		2 38 ^{me}	179 83	428 00
Cintre.		1 50	53 00	82 50
Total pour le titre A'.				510 50
B. — Maçonneries.				
1° A l'air comprimé : Remplissage en béton de ciment de Portland.		60 00	20 94	1 256 50
2° A l'air libre : Briques (à Portland).		41 20	53 71	2 309 00
Maçonnerie en voûte (à Portland).		55 00	31 50	1 732 72
Maçonnerie ordinaire { à Portland.		155 00	21 78	3 375 90
Remplissage de la cheminée (béton de chaux du Teil).		8 00	12 00	96 00
Enduit de ciment { dans la chambre de travail au-dessus des briques.		»	»	34 20
Coulis de ciment de Portland.		»	»	185 20
		»	»	124 00
Total pour le titre B.				9 113 52
C. — Fonçage à l'air comprimé.				
a. — Fourniture de l'air (combustible, marche et entretien des machines). . .				1 144 80
b. — Extraction (extraction proprement dite, montage et transport hors des sas)				2 393 75
c. — Transport et régalage.				478 30
Total pour le titre C.				4 016 85
D. — Dépenses diverses.				
Déblai à l'air libre.				230 40
Montage, démontage des écluses, montage des viroles.				50 00
Enlèvement des cheminées des sas et des échafaudages à cet effet, surcharge de moellons.				40 00
Nettoyage des maçonneries.				»
Arrosage des sas pendant la forte chaleur.				»
Total pour le titre D.				320 40
Totaux.				16 083 32
				4995

et fonçage, non compris frais généraux, matériel et installation).

EN MAÇONNERIE DESCENDUES SUR ROUETS. TABLEAU D

[illegible]



CHAPITRE VI.

RÉSUMÉ.

Travaux. — Éléments du prix de revient d'une fondation à l'air comprimé.

A. — *Travaux.*

Nous résumons ci-après les principaux faits d'observations cités dans ce mémoire :

Poids des fers. — Le poids d'une chambre de travail du type ordinaire des caissons métalliques, compté depuis le tranchant jusqu'au niveau des ailes supérieures du poutrage pour une hauteur de 2 mètres sous plafond est très approximativement donné par la formule :

$$280 P + 130 S,$$

dans laquelle P désigne le périmètre et S la surface du massif (voir les métrés du chapitre II et les exemples cités dans la note C).

Le poids moyen à compter par mètre carré de paroi au-dessus du caisson, pour hausses et contreventement des hausses est de 34 kilogrammes.

Pour les fondations sur rouets, le poids du fer n'est fonction que du périmètre P, et est donné par les formules suivantes (ponts de Hohnsdorf et de Marmande).

$575^k + 150 P$, pour fondation circulaire ou elliptique.

$2\,700^k + 227 P$, pour fondation rectangulaire, nécessitant l'entretoisement du cadre.

L'économie de métal a été, à Marmande, par rapport aux caissons sans hausses, de 64 p. 100 pour les piles, de 38 p. 100 pour la culée du viaduc.

Déversements. — On obtient facilement des descentes

ET DOCUMENTS.

eux, les graviers ont
nt réparés dans les
arne argileuse. Il e
r des ressauts de o'
ation (*).

. — On peut en deb
usses pour fondatic
terrains bien hor
rement, sous la rés

la hauteur de la pa

et ménager des re
caisson à la maçon
; dans la maçonner
erie entre les poutr
armade il n'y a de
veau supérieur des
section, si on a lai

] te brusque, ni abai
ite supérieure au

çonnerie supérieur
nées fassent tirants
du viaduc, l'écono
ses, a été de :

entre le pontage et la p
ns 2 mètres, pour que le
e cisaille pas les poutres.
chapitre iv.

	Suppression des hausses . . .	40 000 ^f ,00	
à retrancher	{ réparation de la pile I. 4 700 ^f ,00	9 350 ^f ,00	
	{ enduit de ciment sur		
	{ les parois pour 16		
	{ fondations 4 650 ^f ,00		
	Économie résultante. . . .	30 650 ^f ,00	

La suppression des hausses n'est pas sans danger, si le massif doit être engagé dans des terrains de résistance différente, surtout si la couche inférieure est étanche.

Remplissage des chambres de travail. — On ne peut guère compter sur le remplissage exact des caissons à plafond plat ; mais le travail sera moins imparfait avec du béton qu'avec de la maçonnerie ; le béton de chaux est plus économique et subit probablement un retrait moindre.

Nous pensons que le mieux serait d'achever le remplissage en briques sur 1 mètre environ.

Dans tous les cas, il sera utilement complété par un coulis de ciment, lequel a coûté en moyenne à Marmande 300 francs par fondation.

Nous croyons qu'il serait possible, pour toute forme de fondation, d'employer un caisson métallique ayant, comme au pont de Dusseldorf, au lieu du plafond plat qui rend le bourrage impossible, un toit conique convergent vers la base de la cheminée ; un rebord horizontal ménagé sur la paroi extérieure à une hauteur convenable soutiendrait les maçonneries de la crinoline, qui serait alors extérieure au caisson.

		mc.	mc.	
Avec 2 portes,	on a posé par heure de	2,45	à 4,26	de béton
Avec 1	—	1,14	à 1,80	—

La durée du remplissage a varié :

avec deux portes, de	{ 34 ^h ,5 à 50,0 pour le grand pont ;
	{ 17,0 à 34,0 pour les piles du viaduc ;
avec une porte, de	34,5 à 37,0 — —

Voûtes foncées sur rouet. — Les chambres de travail

RES ET DOCUMENTS.

foncées sur rouet ont donné de bons résultats. La grandeur de la grille établie sur plan rectangulaire a été encastrée de 8^m,63 au lieu de 8^m,60, sans danger. Il semble désormais acceptable d'appliquer à une forme

des deux graves inconvénients : bourrage insuffisant, par le plafond de la chambre sur toute sa hauteur (sans danger); un point au centre du massif de l'ensemble. Le poids du massif dans les massifs foncés est au plus dans les fon-

ir rouet ont été encastrés; à Marmande, de 8 mètres

prix de revient, l'expérience

briques doubles (22/11) n'eût pas l'expérience de (et 15) sont revenues à leur cube : leurs voisines 5^f,53 — 69^f,71 — 69^f,20 ont été deux fois plus de fermetures, et l'emploi d'une unité de 10 francs le prix 33^f,99 : on l'eût facilement

soix est douteux entre l'air comprimé, le système

dorf permettrait l'application successive de chacun d'eux : on commencerait le havage par dragage ou épuisement, comme aux docks de Bordeaux, et on n'emploierait l'air comprimé qu'au moment précis où il devient nécessaire : la même locomobile actionnerait successivement une pompe et un compresseur.

En résumé le système de Hohnsdorf, est meilleur et plus économique (sauf pour les fondations sur plan rectangle) ; nous n'hésiterons jamais à en proposer l'application, sauf pour les fondations en rivière à grande profondeur d'eau, en raison des charges excessives sur les vérins.

Frottements sur le terrain traversé. — A Marmande, la limite supérieure du frottement de la maçonnerie sur le gravier a varié par mètre carré de 5 220 à 2 350 kilogrammes ; celle du coefficient de frottement de 1 072 à 353.

D'après les observations de M. Schmoll d'Eisenwerth, à quatre ponts du Danube, citées au chapitre IV, le frottement par mètre carré de hausses dans le gravier et sable a été dans l'un de 2 233 kilogrammes, et a varié dans les trois autres de 1 274 à 3 879 — de 1 743 à 2 636 — de 1 866 à 2 766 : il varie avec la forme de la section et diminue avec la profondeur.

Nous croyons que dans les sables, graviers et galets, sauf des cas exceptionnels, il suffira de calculer la charge en vue d'un frottement par mètre carré de 4 000 kilogrammes pour les massifs sans hausses, de 3 000 kilogrammes pour les autres.

Matériel. — La note B jointe au mémoire donne, suivant la surface et la profondeur, le matériel nécessaire, le volume d'air à fournir et le travail à dépenser pour mettre à sec une chambre de travail, en un temps donné.

Pour l'entretien de la pression pendant le fonçage, les chiffres de Marmande sont peu concluants, à cause de l'étanchéité du tuf ; le travail des machines n'a pas dépassé

,4 pour un caisson de 90^m,38 foncé à 8 mètres, et l'as-
tion par heure 443^m,84.

après des observations de M. Schmoll d'Eisenwerth,
atre ponts(*), la perte d'air pendant le fonçage, par heure
ravail et par mètre carré de paroi verticale, a été en
enne, dans la tourbe argileuse, la vase argileuse, l'argile,
^m,985 pour une profondeur moyenne de 7^m,
ble et graviers de 4^m,373 pour une profondeur
^m,85.

Maladies. — Sur 185 tubistes occupés en 313 joi
ube de 7 426 mètres cubes à des pressions de 9
il y a eu 164 cas de maladies, dont 10 se
gravité d'ailleurs, résultent sûrement de l'a
comprimé.

Durée du fonçage. — On trouvera dans le tablea
hapitre iv, dans le graphique (Pl. 7) tous les re
ts sur la vitesse du fonçage, le cube déblayé pa
urée d'exécution de chaque fondation. Elle
enne à Marmande (arrêts compris du commence
tage à la fin du fonçage) de trois mois pour le
du grand pont, de cinq mois et demi pour
uc foncées sans hausses (en raison du temps n
prise des mortiers).

— *Éléments du prix de revient d'une fondation
à l'air comprimé*

— *Partie métallique.* — On trouvera plus haut le
s d'une chambre de travail, des hausses et des rouets :
logramme en place coûte de 0^f,45 à 0^f,50.

prix du mètre cube de chêne pour couronne des r
à Marmande, de 184 francs.

* Voir : Zeitschrift des Osterr.-Ing. Vereins 1877. »

b. — Fonçage. — (Voir pour détails le premier tableau du chapitre v.)

A Marmande, mettant de côté la culée Casteljaloux foncée avec un sas à une porte, le prix du mètre cube déblayé à l'air comprimé (fouille, transport hors des écluses et fourniture d'air) a varié, sauf cas spéciaux, de 6 francs à 8 francs dans le gravier, pour une élévation moyenne de 8^m,60.

De 10 francs à 15 francs dans le tuf, pour une élévation moyenne de 12 mètres.

On se rend compte facilement que le prix de fouille est à peu près constant, celui d'élévation de déblai croît avec la hauteur, et celui de la fourniture d'air augmente avec le travail à dépenser : soit comme la fonction de la profondeur $(\alpha + h)^{1,2908}$.

Mais les profondeurs ont trop peu varié à Marmande pour permettre d'évaluer pratiquement leur influence sur le prix du déblai.

c. — Remplissage. — (Voir pour détails, le premier tableau du chapitre v.)

Le prix du mètre cube de béton pour une composition moyenne en œuvre de 185 kilogrammes de ciment, 0^mc,347 de sable et 0^mc,650 de gravier (en mettant de côté la pile 9 du viaduc dont le remplissage a été achevé en briques), y compris fourniture et emploi du béton, fourniture d'air, a varié, sauf exception, de 20 francs à 24 francs, dont 2^f,89 en moyenne pour fourniture d'air, descente et emploi du béton.

Le coulis de ciment a coûté en moyenne 225 francs par fondation.

d. — Maçonneries. — (Voir pour détails les tableaux du chapitre v.)

Il n'y a lieu d'appliquer de plus-value qu'aux maçonneries de la crinoline des caissons : elle a été de 6 francs en moyenne à Marmande.

e. — Frais généraux. — Matériel. — Nous avons

S ET DOCUMENTS.

te à ce mémoire, les renseignements, selon la profondeur et la vante le nombre de fondations à d'évaluer dans chaque cas les se compléteront par les renseignements de Marmande donnés au cha-

du matériel neuf, on dé-
durée présumée du travail
érêt et amortissement (en
o du prix d'achat si le m
ervi une fois).

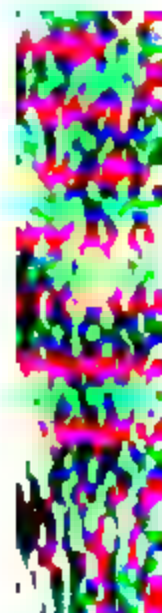
un calcul facile à faire
en trouvera le détail pou
pour d'autres ouvrages (

ment dits. — (Personnel, e
lessus.

matériel, installation, person
ont varié à Marmande, de
de 11^f,22 à 19^f,88 pour les fon-
lépendent évidemment du cub
n sens inverse.

primé par heure. — Ce prix
à 2^f,78.

serait loué à l'entreprise, on l
oo : soit 3^f,34 par heure o
matériel, personnel, fourniture de



Prix de revient résultant du mètre cube fondé à l'air comprimé.

Il a varié à Marmande :

Pour le grand pont (caissons et hausses), de 62^f,73 à 73^f,82.

Pour le viaduc (hausses supprimées)	} avec caissons de 63 ^f ,92 à 73 fr.
exceptant la pile 1 et la culée	

sur rouet, de 61^f,75 à 63^f,83.

Il a atteint 82^f,21 à la pile 1 du viaduc, en raison d'une dépense de 4 700 francs, pour la réparation d'un accident; et 83^f,99 à la culée foncée sur rouet, en raison du type de sas employé (porte unique), qui a augmenté de 10 francs le coût du fonçage.

Dans la note D, jointe à ce mémoire, nous avons donné les surfaces, cubes, prix de revient des fondations, de 82 ouvrages fondés à l'air comprimé depuis 1853.

Toulouse, le 31 mai 1882.

ET DOCUMENTS.

ES MATIÈRES

— CHOIX DU SYSTÈME	
MASSIFS DE FONDATION.	
1. <i>tôle du système</i>	
POIDS. — SUPPRESSION	
.....	
le travail en maçon	
ROHNSDORF SUR L'EL	
.....	
ALLATIONS.	
loi de l'air compris	
).	
.....	
.....	
compter par mètre cube	
ais généraux.. . . .	
.....	
de la pile 1 du viaduc	
moyens de les prévoir	
1 (a, Remplissage en b	
riques; — d, vitesse	
.....	
.....	
s d'air. — Observati	
.....	
its statistiques sur la	
.....	
.....	
imé. — Béton de re	
.....	156-157
d pont sur	
es.	
sur cais-	
sur rouet.	
non comprises les	
dépenses de matériel,	
installations et frais	
généraux.	158-1
altant du mètre cube en fondation	
.....	1
VAUX. — ÉLÉMENTS DU PRIX DE	
REPRIS.	1

ANNEXES.

NOTE A. — SONDAGES DE RECONNAISSANCE. — CONDITIONS DU MARCHÉ.	Pages.
— PRIX DE REVIENT.	174
NOTE B. — TRAVAIL POUR LA MISE A SEC D'UN CAISSON EN UN TEMPS DONNÉ A L'AIDE DE L'AIR COMPRIMÉ. — COMPARAISON AVEC LE TRAVAIL A DÉPENSER POUR LA VIDANGE DANS LE MÊME TEMPS D'UNE FOUILLE PAR ÉPUISEMENTS. — DÉPENSES DE MATÉRIEL POUR UNE FONDATION A L'AIR COMPRIMÉ.. . . .	181
NOTE C. — POIDS DES CAISSONS MÉTALLIQUES DU TYPE ORDINAIRE. — Formule pratique. — Tableau donnant les poids de 34 caissons appar- tenant à 21 ouvrages fondés à l'air comprimé depuis 1853.	196
NOTE D. — RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES SUR LES FONDATIONS A L'AIR COMPRIMÉ DE 82 PONTS.	203

ANNEXES.

NOTE A.

E RECONNAISSANCE A L'EMPLACEMENT. E. — CONDITIONS DU MARCHÉ. —

dages de 0^m,21 de diamètre, et 3^m,05 furent exécutés à l'emplacement, dans le courant de 1879, par M. Ppmann et C^{ie} (rue de Chabrol 5) aux conditions suivantes :

On fournissait en location tous les outillages et de réparation d'accident accessoires, et une chèvre à trois manivelles, 5 francs par jour, du jour du départ.

Il était employé un maître sondeur lequel était payé par l'administration, au prix de 6 francs par jour, et de 0^f,60 par chaque heure de travail. Les heures étaient considérées comme journées de travail, les heures passées en voyage, les heures d'attente, les heures d'interruption ou de suspension de travail.

Les tubes étaient payés au kilogramme.

à 1^f,40, pour les tubes perdus ou cassés pendant le sondage.

à 0^f,30 pour ceux utilisés dans les sondages, à 1^f,40 pour ceux utilisés dans des travaux de construction, et à 0^f,40 pour ceux utilisés dans plus de deux sondages.

Les boulons d'assemblage étaient payés 20 francs le 100, et les bâches imperméables louées à raison de 0',40 par mètre superficiel et par mois.

Demeuraient à la charge de l'administration les frais de transport du matériel et du maître sondeur (en 2^e classe), d'installation et d'aménagement de l'atelier, l'entretien et la réparation des outils, la location et la mise en place du bateau pour sondages en rivière.

Nous avons donné dans le chapitre 1^{er} du mémoire les résultats des sondages, au point de vue de la connaissance du sol : nous insisterons seulement sur ce fait que, dans les terrains argileux, les appareils Degousée, qui rendent partout ailleurs de si bons services, ne peuvent que révéler la présence de l'argile, mais renseignent mal sur ses propriétés physiques : la soupape n'apportait que des matières réduites en bouillie par le trépan, et les témoins retirés au découpeur étaient comprimés et déformés par l'outil.

Nous avons résumé dans le tableau ci-après les renseignements statistiques relatifs à vingt-huit sondages d'une longueur totale de 451 mètres exécutés dans la vallée de la Garonne, à l'emplacement des ouvrages des premier et deuxième lots de la ligne de Marmande à Casteljaloux.

Chaque atelier de sondage comportait quatre manœuvres : trois auraient suffi, sauf à la traversée des galets. A l'emplacement désigné pour un sondage, on exécutait, pour faciliter les assemblages, un petit puits blindé, de la hauteur d'un bout de tuyau, recouvert ensuite par le plancher de la chèvre. On employait la tarière dans le sable et le gravier menu, la soupape à boulet dans le sable fin et très sec, à clapet pour le sable dans l'eau, le trépan et la tarière alternativement dans le tuf (*). Dans les galets, seul terrain qui

(*) Voir pour une description détaillée des outils de sondage le « Guide du sondeur », par MM. Degousée et Ch. Laurent, Ingénieurs civils (librairie Garnier, Paris). Voir aussi « Etudes et recherches souterraines par sondages à de faibles profondeurs, » par M. Edouard Lippmann, Ingénieur civil (Paris, librairie La-

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

ients statistiques relatifs à 28 sondages de

ÉPAISSEUR DUCHES TRAVERSÉES			AVANCEMENT MOYE PAR HEURES			
gravier et galets.	tuf.	totale.	dans la terre et le sable.	dans les gravières et galets.	dans le tuf.	m
m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m
0,66	21,55	30,00	0,50	0,04	0,14	0
0	19,20	30,00	0,40	0,05	0,11	0
0	20,60	31,40	0,50	0,04	0,11	0
0	18,60	30,00	0,30	0,05	0,11	0
0	17,20	28,00	0,27	0,05	0,11	0
0	16,50	28,00	0,46	0,04	0,12	0
0	18,70	29,00	0,29	0,04	0,11	0
0	15,00	20,00	"	0,07	0,11	0
0	16,35	16,65	"	0,08	0,11	0
5	7,00	16,75	0,38	0,08	0,13	0
5	2,50	11,00	0,34	0,07	0,10	0
0	4,60	13,60	0,31	0,04	0,13	0
5	"	8,50	0,34	0,10	"	0
5	"	8,50	0,29	0,07	"	0
0	"	8,90	0,33	0,05	"	0
7,20	"	9,00	0,20	0,07	"	0
2,60	"	9,10	0,26	0,05	"	0
5,60	"	7,40	0,22	0,09	"	0
3,90	0,20	6,50	0,34	0,08	0,10	0
5,20	2,95	11,45	0,24	0,05	0,09	0
5,65	2,00	10,85	0,19	0,05	0,10	0
5,80	1,20	10,00	0,18	0,06	0,08	0
8,40	0,25	13,65	0,11	0,08	0,08	0
5,00	0,90	9,00	0,14	0,08	0,08	0
7,70	1,20	12,00	0,26	0,07	0,09	0
0,40	1,50	9,50	0,09	0,08	0,09	0
"	8,20	8,80	0,09	"	0,08	0
5,65	15,40	23,45	0,51	0,06	0,11	0
126,86	203,40	451,00	7,14	1,69	2,29	2
4,69	9,51	16,10	0,27	0,062	0,104	0

pour totale de 451 mètres exécutés, en 1879, dans la vallée de la Garonne
Casteljaloux.

PENSEES				OBSERVATIONS.
MONTRE COURANT				
et Ralels.	dans le tuf.	moyen.	Moyennes par jour de 10 heures (arrêts compris).	
fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	Les dépenses comprennent :
19	56,51	52,85	57,51	Les journées des manœuvres et maîtres sondeurs :
07	46,48	41,84	59,48	La location des appareils, — location ou achat des
58	50,67	46,69	55,08	tubes, — achat des boulons; — les frais de transport
20	57,87	41,79	55,01	des maîtres sondeurs et du matériel, qui ont été répartis
98	45,10	45,60	55,87	sur les différents sondages; — les frais d'installation,
66	56,72	44,60	55,89	de réparation des outils, d'éclairage, de location de ba-
90	57,61	45,06	54,88	teau.
14	154,96	181,01	107,74	Les sondages 8 et 9 ont été exécutés en rivière par
50	155,85	155,08	155,19	une hauteur d'eau de 5 à 6 mètres au-dessus de
50	45,99	47,48	41,64	l'étiage. Les frais de location de bateau (marins compris),
67	54,47	48,47	46,77	d'ancres, d'installation, d'éclairage pendant la nuit, ont
17	56,50	55,01	54,06	été de 1 771 ^f ,05 au n° 8, de 1 490 ^f ,65 au n° 9.
12	"	55,67	57,75	Dans le prix pour « terre et sable » sont comprises
55	"	59,29	49,70	les dépenses des puits blindés de 2 mètres sur 2 mètres
40	"	68,41	55,27	exécutés à l'emplacement de chaque forage.
81	"	64,55	38,60	Pour les 17 premiers sondages, les frais d'installa-
16	"	48,57	62,25	tion, d'entretien et de réparation de matériel d'éclai-
00	"	69,95	57,51	rage (mais non compris la location de bateau et les
50	89,20	79,64	57,52	dépenses spéciales aux 2 sondages en rivière) ont été
00	57,78	65,04	55,85	de 1 718 francs, soit 101 francs par sondage.
00	50,00	75,08	40,75	Les frais de location du matériel ont varié par son-
50	76,87	80,67	56,67	dage de 200 à 250 francs.
12	67,12	60,44	55,98	Pour les tubes et boulons, les frais ont varié de 90
12	84,12	74,07	44,44	à 140 francs.
14	66,22	65,15	59,87	Les derniers sondages ont coûté plus cher en raison
05	71,78	73,44	45,60	de leur éloignement de Marmande.
"	89,55	84,62	59,20	
50	42,82	45,44	55,52	
"	"	"	"	
85	64,62	65,65	47,35	

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

é, on voit qu'en mettant de
 vière (8 et 9), dont l'installati
 s exceptionnelles, le prix moy
 extrêmement variable. Il a var
 a terre et le sable. . . de 8'
 : gravier et galets. . . 67
 e tuf. 36
 nent moyen par heure a varié
 a terre et sable. . . . de 0"
 : gravier et galets. . . 0
 : tuf. 0
 oyen de la journée (compris i
 vec équipe d'un chef sondeu
 33',27 à 62',25.

NOTE B.

TRAVAIL DÉPENSÉ POUR LA COMPRESSION DE L'AIR ET LA MISE A SEC D'UN CAISSON EN UN TEMPS DONNÉ, A L'AIDE DE L'AIR COMPRIMÉ. — COMPARAISON AVEC LE TRAVAIL A DÉPENSER POUR LA VIDANGE D'UNE FOUILLE PAR ÉPUISEMENTS. — DÉPENSES DE MATÉRIEL POUR UNE FONDATION A AIR COMPRIMÉ.

Travail à développer pour comprimer à une pression p , un poids ou un volume donné d'air.

Soient :

p la pression dans la chambre de travail,

p_0 la pression initiale (pression atmosphérique) (*).

La profondeur H du tranchant du couteau au-dessous de l'eau extérieure correspondant à la tension p est :

$$H = \frac{p - p_0}{1000} = 10^m,33296 \left\{ \frac{p}{p_0} - 1 \right\}.$$

Dans l'hypothèse que pendant la compression l'air ne reçoit ni ne perd de chaleur, le travail à dépenser, pour comprimer à la pression p un kilogramme d'air pris à la température t_0 et à la pression p_0 , est donné par les formules suivantes (M. Pernolet, *Air comprimé*, p. 41 et suivantes) :

1° Dans l'hypothèse de la compression à température constante (loi de Mariotte) :

$$T_1 = p_0 V_0 \text{ Log nep } \frac{V_0}{V} = \frac{10\,332^k,96}{1^k,2932} \text{ Log nep } \frac{p}{p_0}.$$

(*) $\frac{p}{p_0}$ est la pression *absolue* en atmosphères ; $\left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)$ représente la pression dite *effective*.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

nt compte de l'échauffement I

$$T_2 = Ec(a + t_0) \left[\left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{c-c'}{c}} - 1 \right]$$

:
 ie l'équivalent mécanique de
 432 kilogrammètres;
 la chaleur spécifique de l'a
 sion constante = 0,2377;
 la chaleur spécifique de l'air
 constant ($\frac{c-c'}{c} = 0,2908$);
 la température initiale que
 rons égale à 20 degrés;
 l'inverse du coefficient de dili
 ou le zéro absolu, soit 273 de
 vail de compression d'un mèt
 les formules précédentes doive
 oids en kilogrammes du mètre
 ar :

$$\frac{p}{p_0} \times \frac{a}{a+t} \times 1^{k,293}.$$

pour le travail de compress

ypothèse de la loi de Mariotte :

$$\frac{a}{a+t} \times 1^{k,293} T_1 = 22\,168,83 \frac{p}{p_0} \text{ lo}$$

nt compte de la chaleur dév

$$\frac{a}{a+t} \times 1^{k,293} T_2 = 36\,247,16 \frac{p}{p_0} \left[\left(\right.$$

es supposent l'air sec ; mais on
 l'eau dans le compresseur, qui

blement l'échauffement produit par la compression, n'a pas d'influence notable sur le travail à développer au-dessous de trois atmosphères (M. Pernolet, *Air comprimé*, p. 85).

Le tableau ci-après donne avec les valeurs de T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , les températures finales de l'air comprimé,

1° Dans le cas de l'air sec, par la formule :

$$t_1 = (a + t_0) \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{c-c'}{c}} - a.$$

2° Dans le cas de l'air saturé, par les formules données par M. Pernolet (*Air comprimé*, p. 82).

3° — Le travail de frottement de l'eau dans le terrain traversé, à sa sortie du caisson : Θ_3 .

1° *Travail de compression de l'air.* — Le travail théorique est VT_4 .

Il convient d'augmenter V de 5 p. 100 pour tenir compte des fuites et des pertes de travail dans le compresseur (celle due à l'échauffement de l'air est comprise dans T_4) (*).

On aura donc :

$$\Theta_1 = 1,05 VT_4.$$

Si ce travail doit être produit en une heure, le travail en chevaux par seconde sera :

$$\theta_1 = \frac{\Theta_1}{3600 \times 75 \text{ kgm}} = 0,00000389 VT_4.$$

2° *Travail effectué par l'eau en se retirant.* — π étant la densité de l'eau, on a :

$$\begin{aligned} \Theta_2 &= 2 \int_0^{H-2} \frac{1}{4} \pi \pi z dz \text{ (eau des deux cheminées)} \\ &+ \int_{H-2}^{H_1} S \pi z dz \text{ (eau du caisson)} \\ &= 785,4 (H-2)^2 + 2000 S (H-1). \end{aligned}$$

Soit, en chevaux par 1''

$$\theta_2 = \frac{\Theta_2}{3600 \times 75 \text{ kgm}} = 0,00291 (H-2)^2 + 0,00741 S (H-1).$$

3° *Travail de frottement de l'eau dans le terrain à sa sortie du caisson.* — La résistance opposée par le terrain à la sortie de l'eau du caisson, nulle quand le caisson

(*) On a vu par le tableau précédent que le rapport $\frac{T_3}{T_4}$ varie de 1 pour $\frac{p}{p_0} = 1$ à 0,775 pour $\frac{p}{p_0} = 3$. On se contente ordinairement de faire le calcul du travail avec T_3 , c'est-à-dire sans tenir compte du travail perdu par l'échauffement de l'air, et on corrige le résultat en attribuant aux pompes de compression un coefficient de rendement de 75 p. 100.

flotte, devient telle dans un sol peu perméable, que l'eau reste dans la chambre, pour des tensions de l'air très supérieures à celles qui correspondraient à la hauteur de l'eau extérieure. On s'en débarrasse facilement en faisant plonger au fond de la fouille un tuyau communiquant avec l'air extérieur : ce tuyau pouvant fonctionner comme siphon, nous admettrons qu'il débouche à 2 mètres au-dessus de l'eau.

Le travail ainsi dépensé peut être pris comme valeur maximum de Θ_3 ,

V' étant le volume occupé par l'eau, on aura :

$$\Theta_3 = \pi V' 2^m = 2000 (2S + 1,57H);$$

Soit en chevaux par 1''

$$\theta_3 = \frac{\Theta_3}{3600' \times 75^{\text{kgm}}} = 0,01483 S + 0,00873 H.$$

Le tableau ci-après donne le travail à dépenser pour différentes valeurs de S et de H , et le volume d'air W à la pression atmosphérique p_0 à aspirer en une heure par le compresseur. En admettant un rendement de 75 p. 100. pour tenir compte de la dilatation de l'air pendant l'aspiration, de l'imperfection des clapets et des espaces nuisibles, on a :

$$W = \frac{1,05 V \times \frac{p}{p_0}}{0,75}.$$

Travail théorique à dépenser et volume d'air à aspirer pour mettre à sec en une heure, pour des profondeurs variant de 2^m, 10 à 20^m, 70, une chambre de travail de surface horizontale S, pour les 3 valeurs de S, 50^mq, 60^mq, 90^mq, cette chambre étant supposée munie de deux cheminées de 1 mètre de diamètre et de deux sas à double écluse cubant ensemble 12^m°, 84.

TENSION ABSOLUE DE L'AIR EN ATMOSPHÈRES.		PRESSION EFFECTIVE EN MÈTRES D'EAU.		SURFACE EN PLAN DU CAISSON : 50mq				60 MÈTRES CARRÉS				90 MÈTRES CARRÉS										
$\frac{p}{p_0}$		H		TRAVAIL EN CHEVAUX A DÉPENSER				TRAVAIL EN CHEVAUX A DÉPENSER				TRAVAIL EN CHEVAUX A DÉPENSER										
				pour chasser l'eau contenue dans la chambre et les cheminées.		ensemble.		pour chasser l'eau contenue dans la chambre et les cheminées.		ensemble.		pour chasser l'eau contenue dans la chambre et les cheminées.		ensemble.								
				θ_1	θ_2	θ_3	$\theta_1 + \theta_2 + \theta_3$	θ_1	θ_2	θ_3	$\theta_1 + \theta_2 + \theta_3$	θ_1	θ_2	θ_3	$\theta_1 + \theta_2 + \theta_3$							
				pour comprimer l'air.				pour comprimer l'air.				pour comprimer l'air.										
				Volume d'air en mètres cubes la pression atmosphérique à aspirer en une heure par le compresseur dans l'hypothèse d'un rendement de 75 p. 100.				Volume d'air en mètres cubes la pression atmosphérique à aspirer en une heure par le compresseur dans l'hypothèse d'un rendement de 75 p. 100.				Volume d'air en mètres cubes la pression atmosphérique à aspirer en une heure par le compresseur dans l'hypothèse d'un rendement de 75 p. 100.										
1,2	2,1	0,7	0,3	0,4	1,4	122,6	mc.	1,2	0,5	0,9	2,6	ch.	0,8	1,3	3,9	ch.	1,8	0,8	1,3	3,9	mc.	324,2
1,4	4,1	1,5	0,7	0,4	2,6	149,2	mc.	2,8	1,5	0,9	5,2	ch.	2,1	1,3	7,4	ch.	4,0	2,1	1,3	7,4	mc.	384,4
1,6	6,2	2,6	1,2	0,5	4,3	177,8	mc.	4,6	2,4	0,9	7,9	ch.	3,5	1,4	11,5	ch.	6,6	3,5	1,4	11,5	mc.	446,7
1,8	8,3	4,0	1,7	0,5	6,2	208,4	mc.	6,8	3,4	1,0	11,2	ch.	5,2	1,4	16,2	ch.	9,6	5,2	1,4	16,2	mc.	510,8
2,0	10,3	5,4	2,3	0,5	8,2	240,5	mc.	9,2	4,4	1,0	14,6	ch.	6,5	1,4	20,9	ch.	13,0	6,5	1,4	20,9	mc.	574,5
2,2	12,4	7,1	2,9	0,6	10,6	274,7	mc.	11,9	5,5	1,0	18,4	ch.	8,0	1,4	26,1	ch.	16,7	8,0	1,4	26,1	mc.	643,3
2,4	14,4	9,0	3,5	0,6	13,1	310,1	mc.	15,0	6,5	1,0	22,5	ch.	9,5	1,5	31,8	ch.	20,8	9,5	1,5	31,8	mc.	713,1
2,6	16,4	11,1	4,0	0,6	15,7	347,2	mc.	18,2	7,5	1,1	26,8	ch.	11,0	1,5	37,7	ch.	25,2	11,0	1,5	37,7	mc.	784,0
2,8	18,5	13,6	4,7	0,6	18,9	386,9	mc.	21,8	8,7	1,1	31,6	ch.	12,6	1,5	43,8	ch.	29,7	12,6	1,5	43,8	mc.	857,3
3,0	20,7	16,2	5,4	0,7	22,3	429,2	mc.	25,8	9,9	1,2	36,9	ch.	14,4	1,6	51,3	ch.	35,3	14,4	1,6	51,3	mc.	933,2

Travail théorique de vidange d'une fouille par épuisements.

Soient : S la surface d'un massif de fondation.

S' celle de la fouille.

H la profondeur d'eau dans la fouille.

h la hauteur à laquelle l'eau doit être élevée au-dessus de son ancien niveau.

Π le poids du mètre cube d'eau.

T_1 le travail en kilogrammètres pour l'enlèvement de l'eau contenue dans la fouille.

T_2 le même travail pour celle qui y arrive pendant l'épuisement.

τ le travail total ($T_1 + T_2$).

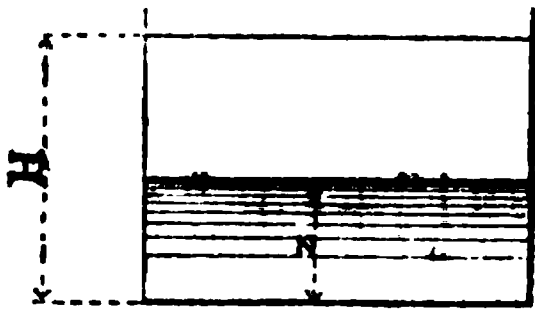
θ la durée de l'épuisement.

On a :

$$T_1 = \Pi S' H \left(\frac{H}{2} + h \right).$$

Admettons que le batardeau ou le caisson soient assez étanches pour qu'on n'ait à enlever que l'eau filtrant du fond. En appelant Q ce débit total pendant la durée de l'épuisement θ , on a :

$$T_2 = \Pi Q (H + h).$$



Or la vitesse V avec laquelle l'eau jaillit du fond de la fouille à un instant de l'épuisement correspondant à une charge $H - z$, a pour valeur, en désignant par K un coefficient, fonction de la nature du terrain

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

$$V = K \sqrt{2g(H-z)}$$

se moyenne :

$$W = \frac{1}{H} \int V dz = \frac{2K}{3} \sqrt{2gH}.$$

selant σ la section contractée des

$$Q = W\sigma\theta = \frac{2}{3} K\sigma\theta \sqrt{2gH}.$$

être remplacé par une quantité
Soit θ' le temps que la fouille met
fond, quand on arrête les épuisem
nt quelconque :

$$K\sigma\sqrt{2g(H-z)}d\theta' = S'dz'$$

$$\theta' = \frac{S'}{K\sigma\sqrt{2g}} \int_0^H \frac{dz'}{\sqrt{H-z'}} = \frac{1}{2} \frac{S'\sqrt{H}}{K\sigma\sqrt{2g}}$$

$$K\sigma\sqrt{2g} = \frac{S'\sqrt{H}}{2\theta'}.$$

çant dans la valeur de T_2 , il vient

$$T_2 = \frac{\theta}{3\theta'} \pi S'H(H+h),$$

our expression du travail total τ ,

$$\tau = \pi S'H \left[\frac{H}{2} + h + \frac{\theta}{3\theta'}(H+h) \right]$$

me bonne pompe centrifuge, le
ériences de M. Tresca, *Annales du*
s et Métiers) : en supposant $h = 1$
er en chevaux par 1'' seront donc :
ient de l'eau de la fouille)

$$\frac{T_1}{600'' \times 75^{km} \times 0,58} = 0,00638 S$$

τ_2 (travail pour l'enlèvement de l'eau qui arrive pendant l'épuisement, en supposant que la fouille une fois vidée se remplit en quatre heures)

$$= \frac{T_2}{3600'' \times 75^{\text{kgm}} \times 0,58} = 0,00053 S'H (H + 2)$$

et pour le travail total, en chevaux par 1'' ;

$$T = \frac{1}{100\,000} S' [372 H^2 + 1382 H] \quad (*).$$

Le tableau ci-après donne le travail à dépenser dans les

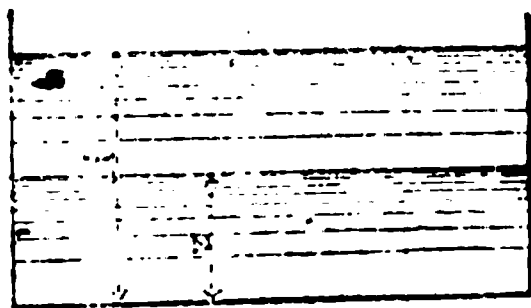
(*) *Calcul du débit A de la pompe.*

On se donne facilement une équation entre :

le débit A de la pompe,

la durée θ assignée à l'épuisement,

le temps θ' que met la fouille à se remplir quand on arrête les épuisements.



Quand la hauteur d'eau dans la fouille est réduite de H à z, le débit dq de l'eau qui arrive par le fond a pour valeur, comme on l'a vu plus haut :

$$dq = K\sigma\sqrt{2g(H-z)} dt.$$

On a, d'autre part :

$$- S' dz \text{ (quantité dont l'eau descend) } = A dt \text{ (débit de la pompe)}$$

$$- dq \text{ (débit de la fouille).}$$

$$- S' dz = A dt - K\sigma\sqrt{2g(H-z)} dt.$$

D'où :

$$= - S' \int_H^0 \frac{dz}{A - K\sigma\sqrt{2g}\sqrt{H-z}} = \frac{S'}{K\sigma\sqrt{2g}} \int_0^H \frac{dz}{\frac{A}{K\sigma\sqrt{2g}} - \sqrt{H-z'}}$$

$$= \frac{2S'}{K\sigma\sqrt{2g}} \left\{ \int_0^H \frac{A}{K\sigma\sqrt{2g}} L \left(\frac{A}{K\sigma\sqrt{2g}} - \sqrt{H-z'} \right) - \frac{A}{K\sigma\sqrt{2g}} + \sqrt{H-z'} \right\}$$

deux modes de fondation, pour mettre à sec, en une heure, trois surfaces de massifs à des profondeurs variant de $2^m,1$ à $20^m,7$

$$= \frac{2S'}{K\sigma\sqrt{2g}} \left\{ \frac{A}{K\sigma\sqrt{2g}} L \frac{\frac{A}{K\sigma\sqrt{2g}}}{\frac{A}{K\sigma\sqrt{2g}} - \sqrt{H}} - \sqrt{H} \right\}.$$

Remplaçant, comme précédemment, $K\sigma\sqrt{2g}$ par $\frac{S'\sqrt{H}}{2\theta'}$ et effectuant, il vient

$$\theta = 4\theta' \left\{ \frac{2A\theta'}{S'H} L \frac{\frac{2A\theta'}{S'H}}{\frac{2A\theta'}{S'H} - 1} - 1 \right\}.$$

Admettant $\begin{cases} \theta = 1^h \\ \theta' = 4^h \end{cases}$ et posant $\frac{8A}{S'H} = m$, on a :

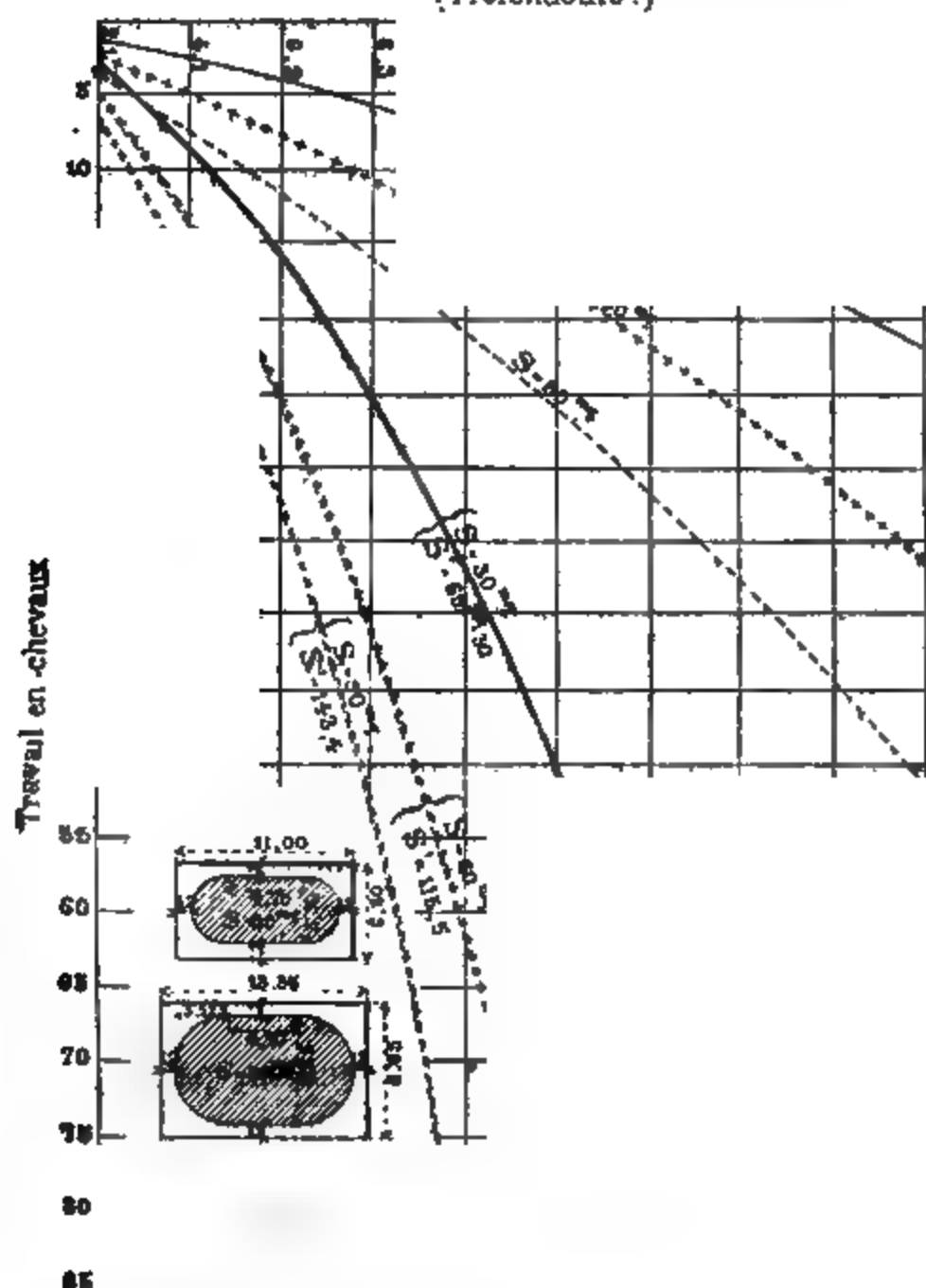
$$\left(\frac{m}{m-1} \right)^m = \frac{17}{e^{16}}.$$

D'où :

$$m = 8,9 \quad \text{et} \quad A = 1,1125 S'H.$$

Travail à dépenser pour mettre à sec en une heure, à l'air comprimé et par épuisements, la fouille correspondant à une surface S de massif de fondation (S' désigne la surface de fouille dans le cas de la fondation par épuisements).

(Profondeurs.)



Nota : Les courbes correspondant aux épuisements sont marquées par un l. . double.

ES ET DOCUME

OUR FONDATIO

et des tablea
résumé, on
matériel pou
de charbon pe
nt, suivant la
e, le temps a
1 caisson, sach

	fr
te . . .	7 :
. . .	8
. . .	10
. . .	11 :
en usage sur l	
l depuis 3 ^k ,7 ⁵	
, 4 chevaux ju	

3 locomobiles
réduit à 2 k
1^k,80 pour
à 30.

nsport de ce
et par kilom
avec refroidis
tème Colladon
male de 60 to

nte de 0^m,10
par mètre coi
tchouc, 30 fra

Nous avons donné dans le précédent mémoire (chap. III) le prix des sas, cheminées, etc. Pour un caisson de 60 mètres carrés foncé à 10^m,3, il faudrait, d'après le tableau I de cette note, aspirer 407^m,7 d'air et dépenser une force de 14^{ch},6; Soit une dépense de matériel de :

Tuyaux	{	Locomobile de 15 chevaux.	11 800 ^f ,00
	{	1 compresseur de 406 mètres cubes.	6 000 00
	{	en fonte de 0,10, 100 mètres à 8 fr.	800 00
	{	en caoutchouc, 10 mètres à 30.	300 00
2 sas doubles pesant 4 000 kilogrammes l'un :			
soit 8 000 kilogrammes à 0 ^f ,70.			5 600 00
30 ^m de cheminées à 275 kilogrammes le mètre			
(à 0 ^f ,65).			5 362 50
En tout.			<u>29 862 50</u>
Soit de 30 000 à 32 000 francs			

NOTE C.

POIDS DES CAISSONS MÉTALLIQUES.

Le tableau ci-après donne les poids de 34 types de caissons appartenant à 21 ouvrages fondés à l'air comprimé de 1853 à 1881. Il montre que :

1° Le poids de fer employé a varié de 1859 à 1881 :

Par mètre carré de surface, de 260 kilogrammes (Lorient) à 116 kilogrammes (Marmande).

Par mètre courant de périmètre, de 612 kilogrammes (Lorient) à 263 (Marmande).

Par mètre carré de surface (en rapportant tout le poids à la surface seule), de 845 kilogrammes (Kehl) à 239 kilogrammes (Marmande).

2° Les caissons ayant tous parfaitement résisté à Marmande, et dans des conditions défavorables (puisque pour tous les caissons de la rive gauche, foncés sans hausses, on construisait 4^m,50 de hauteur de maçonnerie avant de commencer le fonçage; qu'il n'y avait, par conséquent, pour soulager les poutres, ni sous-pression, ni frottement latéral) on peut accepter en toute confiance la formule :

$$280 P + 130 S \quad (*)$$

pour poids en kilogrammes d'un caisson de surface S, et de périmètre P, y compris les hausses jusqu'au plan supérieur du poutrage.

Le poids de hausses de 0^m,003 par mètre carré de paroi est de 32 kilogrammes à 35 kilogrammes, contreventement compris.

(*) On remarquera que pour une largeur donnée de voie, le poids par mètre carré décroît avec celle du massif.

3° En ce qui concerne les dimensions des caissons,

a. — La hauteur sous plafond s'est abaissée de 3^m,67 (Kehl) à 2 mètres, dimension généralement adoptée aujourd'hui (*).

b. — La hauteur des poutres est $1/12$ de leur portée, leur espacement, de 1 mètre à 1^m,15 ; leur épaisseur, variable avec la portée depuis 5 millimètres pour 4 mètres à 8 millimètres pour 7^m,10 (on ajoute 0^m,001 pour celles voisines des cheminées) et celle de la paroi verticale de 6 millimètres en moyenne.

Nous pensons qu'il vaut mieux s'en rapporter simplement aux formules et aux épaisseurs consacrées par la pratique, que d'essayer une détermination théorique des dimensions d'un caisson.

En calculant, comme on le faisait primitivement, la résistance du poutrage comme pour une charge en pierres sèches, même en tenant compte de la sous-pression et du frottement latéral, on arrive à des résultats excessifs.

Si le massif, après la prise des mortiers, c'est-à-dire amené à l'état de monolithe, était posé d'un seul coup sur le poutrage, il porterait seulement sur ses arêtes, ou du moins sur une zone correspondant à la résistance à l'écrasement.

Pratiquement, c'est au début seulement que les poutres en fer travaillent seules, quand la maçonnerie est fraîche et peu épaisse. Mais quand l'épaisseur de la maçonnerie augmente, le métal n'a plus pour effet que de réduire le travail à la tension de la maçonnerie. On s'assurera facile-

(*) On est descendu à 1^m,80, aux ponts de Aussig sur l'Elbe et de Salzbourg sur la Salzach, lequel comportait un caisson de 61^mq,68, pesant seulement 287, par mètre carré, qui fut descendu à 9 mètres. Mais le travail était devenu vers la fin fort incommode, les ouvriers ne pouvant travailler debout ; la réduction de la hauteur sous plafond ne paraît à recommander que pour les petites profondeurs. (Voir la brochure déjà citée de M. Gaertner.)

RES ET DOCUM

de la maçon
que dans le c
une poutre h
ériences concl
de la maçon

DIMENSIONS ET POIDS DE TRENTE-QUATRE TYPES
Saltash et de Dusseldorf). (Le poids de la chambre de tr

DATE DE LA CONSTRUCTION.	EMPLACEMENT DES OUVRAGES et DÉSIGNATION DES LIGNES auxquelles ils appartiennent.	RIVIÈRES TRAVERSÉES.	DÉSIGNATION DES FONDATIONS.	DIMENSIONS DE LA CHAM			
				Périmètre. P	Surface. S	Rapport du périmètre à la surface. $\frac{P}{S}$	Largeur. B.
1853	<i>Saltash</i> Cornwallis-Plymouth.	Tamar	pile..	m. 33,50	mq. 89,36	0,37	B. •
1859	<i>Kehl</i> Strasbourg à Bade.	Rhin	pile.. culée	49,00 61,00	122,50 164,50	0,40 0,37	7,00 7,00
1860-61	<i>La Voulle</i> Livron à Privas.	Rhône	pile..	29,71	54,63	0,54	5,00
1862	<i>Lorient</i> Nantes à Brest.	Scorff	pile.	28,20	39,72	0,71	3,30
1863-64	<i>Nantes</i> Nantes à la Roche-sur-Yon.	Loire	pile..	30,20	51,30	0,59	4,40
1865-66	<i>Arles</i> Arles à Lunel.	Rhône	pile..	36,00	71,42	0,50	5,19
1866-68	<i>Dusseldorf.</i>	Rhin	pile..		52,17		
1867	<i>Saint-Rambert d'Albon.</i>	Rhône	pile.. culée	27,30 31,20	48,60 60,20	0,56 0,52	5,00 7,00
1868-69	<i>Vichy</i> Route nationale n° 9.	Allier	pile.. culée	25,32 31,48	37,82 58,00	0,67 0,53	3,96 7,34
1869-77	Fondations diverses en Autriche En particulier culées d'un pont à Vienne.				223,60		
1870	<i>Collonges</i> Route nationale n° 206.	Rhône	culée	40,80	108,37	0,38	10,00 7,50
1873-74	<i>Ofen-Pest.</i>	Danube	pile.. culée		151,00 97,00		
1873-74	<i>Chamousset</i> Rectification de la } grand pont ligne du mont Cenis } petit pont	Isère	pile.. culée culée		55,96 63,50 62,00		
1874	<i>Saint-Pierre d'Albigny</i> Chambéry à Modane.	Isère	pile.. culée	34,06 33,35	55,56 61,70	0,62 0,54	4,00 5,00
1875	<i>Hocmard</i> Nantes à Chateaubriant.	ruisseau et marais d'Hocmard	pile..	26,20	46,58	0,56	5,15
1877	<i>Credo</i> Collonges à Annemasse.	Rhône	pile..	39,88	92,11	0,43	7,00
1877-78	<i>trembières</i> Annemasse à Saint-Gingolph.	Arve	pile.. culée	20,54 18,26	26,87 21,62	0,76 0,84	3,80 4,00
1878-79	<i>Remoulins</i> Nîmes au Teil.	Gardon	pile..	28,70	46,28	0,62	4,20
1878-79	<i>Val Saint-Léger</i> Chemin de fer de Grande-Ceinture.	une vallée	pile..	35,89	75,44	0,47	6,00
1879	<i>Valentine</i> Toulouse à Bayonne.	Garonne	pile..	23,00	31,84	0,72	3,70
1879-80	<i>Cahors</i> Montauban à Brives.	Lot	pile.. culée	44,50 43,36	94,54 95,30	0,47 0,45	5,30 8,00
1880-81	<i>Marmande</i> } grand pont. Marmande à } Viaduc Casteljaloux } de Canabéra.	Garonne	pile.. culée pile.. culée	32,00 33,33 25,10 33,85	74,03 90,34 45,17 67,31	0,43 0,42 0,55 0,50	7,00 7,00 5,00 6,00

Nota. — Pour la plupart de ces ouvrages, les poids sont le résultat de pesées directes : m
Pour ces derniers, il peut y avoir, avec le poids réel, un écart de 4 à 5 p. 100.

**PLAFOND PLAT (type de Kehl, sauf p
jusqu'au plan supérieur du poutrage**

OUVRAGE		POIDS DE LA CHAMBRE DE TRAV		
Espacement	Rapport de la largeur à la longueur.	total. π	par m. carré de la surface du caisson. π	Poids total exprimé en fonction du périmètre l et de la surface du caisson. $\pi = mP + \pi$
m.	"	kg 100 000	kg. 1891,0	"
1,30	1/11,6	103 500	844,9	"
1,30	1/11,6	138 000	833,9	"
0,97 à 1,90	1/11,1	27 360	500,8	"
2,15	1/5	27 600	695,0	612, P + 260,
2,25	1/7,3	25 600	499,0	497,8 P + 20
0,98	1/10,2	27 994	392,0	442 P + 169,
		20 750	397,0	
0,95 à 1,08	1/10	19 300	397,0	417 P + 163
0,90 à 1,08	1/11,6	24 100	400,0	441 P + 172
1,04 à 1,14	1/8,8	15 276	403,9	378 P + 150
1,14	1/12,2	2 278	349,6	372,6 P + 152
		94 809	424,0	
1,17	1/14,3	55 201	509,4	502,6 P + 320
		58 913	320,0	
		39 526	407,0	
		23 742	425,0	
		24 868	391,6	
		25 782	415,8	
1,08	1/8	21 250	392,4	370 P + 155
0,92 à 1,09	1/10	23 700	334,1	395,8 P + 170
1,00 à 1,08	1/10,3	17 400	371,4	404,5 P + 145
1,04 à 1,07	1/9,4	32 351	351,2	425,3 P + 16
0,75 à 1,06	1/9	10 036	373,5	306,7 P + 139
1,09	1/10	7 966	364,4	287,2 P + 125
0,90 à 1,08	1/9,3	13 913	300,6	291,9 P + 115
1,09	1/9,8	11 111	263	304 P + 120
0,90 à 1,05	1/7,4	11 813	371,0	306,0 P + 149
0,92 à 1,16	1/10	30 412	321,7	337,2 P + 139
0,85 à 1,13	1/9,8 1/12,5	31 714	332,8	393,6 P + 153
1,10 à 1,15	1/12	18 500	250,0	278 P + 139
1,16 à 1,15	1/11,7	21 600	239,7	277 P + 123
1,10 à 1,15	1/12,2	12 500	277,0	271 P + 126
1,10 à 1,15	1/12	16 700	248,0	263 P + 116

Évalués de mètres faits sur des dessins de caissons, parfois

NOTE D.

RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES

SUR 82 PONTS FONDÉS A L'AIR COMPRIMÉ.

TERR

trave

et

sol de fo

OBSERVATIONS.

Grav. — (a) Non compris les ponts de service et les frais

Cailloux roulés
Glaire très d
Glaire sablonn
sur 3

PILES.

CULÉES.

fr. c.

120 00

fr. c.

100 00

100 00

80 00

90 00

75 00

Vieilles maçon
sable
Fondat

85 00

70 00

All, Pont de Remoulins, Ponts Saint-Esprit et Bagnols.
onts on ajoutait 80 francs par mètre cube au delà de la
Vaseprfait ; en deçà, on retranchait 40 francs.

Argile
Fondat

CES
massif
tion.

OBSERVATIONS.

D'une culée.

mq. 30. *Pont de Valentine.* — (a) On a rencontré le rocher 2 mètres plus haut du côté Toulouse que du côté Bayonne. Il a fallu 15 jours pour asseoir la fondation sur le rocher avec 0^m,10 à 0^m,15 d'encastrement minimum, et 42 heures pour le remplissage de la chambre.
» multipliant la surface des caissons par la profondeur : rapportée à ce dernier cube, la dépense serait de 95 francs environ par mètre cube.

HOLLANDE.

N° 47. *Pont de Rotterdam.* — (Voir Notice sur les travaux publics de Hollande de M. l'inspecteur général Croizette Desnoyers.) La décomposition du prix du mètre cube est empruntée à l'ouvrage déjà cité de M. Heussinger von Waldegg. Dans sa notice, M. Desnoyers donne (note C, p. 196) la décomposition des dépenses de fondation d'une pile :

Caisson	{	Chambre de travail (226 117 ^k).	106 873 ^f ,00
		Hausses et cheminées (95 456 ^k).	33 163 00
Maçonneries	{	De briques à Portland dans la chambre 60 ^{mc} ,75 à 42 ^f ,96 =.	2 610 00
		De béton à Portland dans les cheminées 644 ^{mc} . à 42 ^f ,54 =.	27 396 00
		De briques à Portland au-dessus du poutrage 334 ^{mc} , à 36 ^f ,33 =.	13 951 00
		De briques à mortier de trass 2 216 ^{mc} . à 30 ^f ,04 =.	66 569 00
		De pierres de taille 182 ^{mc} ,70 à 94 ^f ,77.	17 315 00
Fonçage à l'air comprimé		1 960 ^{mc} . à 7 ^f ,97 =.	15 621 00
Divers	{	Bois pour consolidation à la partie supérieure.	1 713 00
		Fers pour crampons reliant les pierres de taille.	453 00
Installations	{	Location du chantier, échafaudages sur rives ou dans le fleuve.	25 886 00
		Mise en place et enlèvement du matériel de fonçage.	6 396 00
		Moins-value des machines et échafaudages 25 p. 100.	22 365 00
Frais généraux (embarcadères et bateaux pour transport, terrains, etc.)		. . . . .	18 446 00
Dépense totale.			363 759 ^f ,00
Soit par mètre cube (tout compris) 93 francs.			

URÉE
en jours
de fonçage
emplissage
compris).

C

OBSERVATIONS.

24
les dépenses d'échafaudages, rails, plaques tournantes, treuils wagonnets, etc. — B celle du matériel spécial à (Machines, chaînes, cheminées, écluses, compresseurs, etc.) — C les caissons. — D le travail du fonçage (entretien et machines, fonçage proprement dit, dragages, etc.). Voir pour 6 *Arch der Ingenieur Wissenschaften* publié sous la direction de von Waldegg. — 1^{er} Band VII, cap. Grundbau (p 808 à 813) dans le calcul des dépenses 1^{fr},25 comme valeur du A, B, C, D portés ci-contre sont établis, déduction faite du matériel et des installations. En ne le déduisant pas, on

6.

	A	B	C	D	Ensemble.
1					
1 berg. . .	30 10	43 80	22 90	27 10	123 90
cub lorf.	28 30	28 10	25 10	11 40	92 90

Kohnsdorf. — (a) Non compris les maçonneries.

(122^x)

(26 mts de Gibrallón et Fuentidueña del Tajo (fondations
rix ne comprend que la maçonnerie et le fonçage; les fontes
par l'Administration.

CHRONIQUE.

(Février 1883.)

N° 11

Travaux d'entretien du canal de Suez. — Le canal maritime de Suez a une longueur totale de 86 milles marins, ce qui équivaut à 160 kilomètres.

Son profil est variable suivant les terrains traversés, mais le plafond de la cuvette est toujours de 22 mètres, et bien qu'il ne soit pas accepté de navire calant plus de 7^m,50, la profondeur au-dessous du niveau moyen est toujours de 8^m,50 au minimum ; dans la partie Sud entre Chalouf et Suez elle est maintenue à 9 mètres, et dans l'avant-port de Port-Saïd à 9^m,50. Ces surcroîts de profondeur ont pour but, suivant les lieux, de parer à la diminution de fonds produits par les marées, les vagues ou les apports.

La largeur à la ligne d'eau varie de 100 mètres à 60 mètres. Mais partout le passage libre est signalé aux navires par des bouées bi-coniques dont l'écartement est de 40 mètres.

Bien que creusé partout en déblais au milieu de sables arides qu'aucune pluie ne vient humecter et que le vent soulève incessamment, sa profondeur ne diminue guère par ce seul fait. On estime cependant que dans les seuils traversés d'El-Guisr, du Sérapéum et de Chalouf, les apports au fond de la cuvette atteignent une hauteur de 0^m,10 environ par an. Dans les autres parties du canal où le terrain environnant est presque au niveau de la mer les apports proviennent de causes diverses auxquelles on peut parer en partie.

Dans le lac Menzaleh, entre Port-Saïd et El-Ferdane, soit sur 60 kilomètres environ, les talus de la cuvette n'ont pas encore pris leur inclinaison naturelle, car le remous, produit par le passage des navires, donne peu à peu aux côtés sous-marins de la cuvette la forme arrondie qui leur convient et qui ne variera plus une fois qu'elle sera acquise.

Mais une autre cause plus importante nécessite actuellement des dragages. Les berges argilo-vaseuses de la section de Port-Saïd et

celles de la section de Suez qui sont en sable mélangé d'argile ou en gypse se corrodent à la ligne d'eau par suite du remous produit par les navires ou du clapotis des vagues; s'effritant sous l'action du soleil, elles tombent dans l'eau qui les baignent et glissent sur la risberme d'où elles sont entraînées dans la cuvette.

Nous avons dit que c'était là la cause dominante des apports, et le service de l'entretien l'a bien compris, car depuis 1872 il étudie divers types d'empierrements sur les berges, et le dernier auquel il s'est arrêté en 1882 revient à 105 francs le mètre courant : la somme dépensée annuellement à cet effet est d'environ 600 000 fr.

En dehors des parties exceptionnelles, telles que l'avant-port de Port-Saïd où les dragues enlèvent tous les ans les apports que produit le courant littoral, il faut estimer que le canal est dragué dans toute sa longueur une fois tous les cinq ans.

DRAGAGES.

Le matériel de dragage de la compagnie du canal de Suez était composée, en 1881, de :

- 2 dragues marines ;
- 5 dragues Gouin ;
- 1 drague à long couloir pour la cuvette ;
- 1 drague à long couloir pour les risbermes.

Tout le monde sait que les dragues ordinaires nécessitent l'emploi de *porteurs* ou bateaux à fond mobile qui reçoivent les déblais et vont les *vider* en mer ou dans des endroits spéciaux appelés *vidages*.

Pour le canal de Suez, le vidage se fait :

- En rade de Port-Saïd, côté Est ;
- Dans le lac Timsah ;
- Dans les lacs Amers ;
- En rade de Suez.

L'heureuse répartition de ces *vidages* permet d'effectuer les dragages, sur la plus grande partie du canal, sans de trop grands frais de transport. Mais entre Port-Saïd et Ismaïlia, sur une longueur de 78 kilomètres, il n'existe pas de dépression assez forte où les *porteurs* puissent vider les déblais : heureusement que les berges étant basses, on peut encore faire usage des dragues à long couloir, qui ont été si utiles pour le creusement du canal. Quoique leur emploi pût encore avoir lieu dans la partie méridionale entre la gare du kilomètre 152 et Suez, on ne les utilise que dans la section de Port-Saïd, du piquet 0^m,60 au piquet 32^m, soit environ sur 60 kilomètres et cela à peu près sans interruption.

MOYENNE.	PETITE DRAGUE 33 chevaux à long couloir.	GRANDE DRAGUE 80 chevaux à long couloir.
RENDEMENT		
Heures de marche par jour	19 ^h ,46'	18 ^h ,24'
— chauffe —	23 ^h ,22'	23 ^h ,56'
Cube par jour de travail.. . . .	837 ^{m³}	2 435 ^{m³}
Nombre de jours de travail par mois.	29,75	28,50
Heures de marche par mois.	588 ^h	524
Cube par heure de marche.	42 ^{m³}	132 ^{m³}
Cube par mois.	24 900 ^{m³}	69 400 ^{m³}
Heures de chauffe.	695	682
Cube par heure de chauffe	36	102
CONSOMMATION DE CHARBON		
Charbon brûlé par heure de travail effectif. . . .	145 ^k ,360	301 ^k ,510
Charbon brûlé par heure pendant les } jour. . .	36 ^k ,340	100 ^k ,500
arrêts. } nuit. . .	7 ^k ,270	15 ^k ,070
Charbon brûlé par heure de marche.. . . .	152 ^k	332 ^k
— chauffe —	129 ^k	255 ^k
— par jour de travail.	3010 ^k	6100 ^k
— par mois.	89 ^t ,500	173 ^t ,900
— par 1 ^{m³} de déblais.. . . .	3 ^k ,594	2 ^k ,506
AVANCEMENT		
Jours d'arrêt par mois. { pour réparations. . . .	0,10	0,75
{ pour mauvais temps. . .	0,10	"
{ pour causes diverses. .	0,05	0,75
Total.	0,25	1,50
Jours de travail par mois.	29,75	28,50
Heures de travail par mois.	588	524
Avancement par heure de marche.	5 ^m ,45	6 ^m ,25
— mois.	3212 ^m	3270 ^m
Heures de chauffe par mois.	695	682
Avancement par heure de chauffe.	4 ^m ,65	4 ^m ,80
PRIX DE REVIENT		
Prix du { Pour main-d'œuvre et matières. . . .	0 ^f ,982	0 ^f ,460
mètre { Grosses réparations et amortissement	0 217	0 102
cube.. { Frais généraux.	0 225	0 105
Total.	1 ^f ,424	0 ^f ,667
Prix de l'heure de marche.. . . .	42 ^f	61 ^f
— chauffe.	35	47
Dépense par jour de travail effectif.	821	1119
Dépense moyenne par mois.	24 400	31900

Dans cette partie, la section du canal est formée d'une cuvette et d'une risberme, sur laquelle se loge le chaland porte-couloir de la drague, lorsque celle-ci doit se garer pour le passage d'un navire. Ce porte-couloir calant environ 2^m,20, il est essentiel que la risberme qui s'étend jusqu'à 40^m de l'axe soit maintenue à 2^m,40 environ de profondeur. Une petite drague à long couloir, appelée *Drague 19*, remplit ce but et précède constamment la drague à long couloir, partout où celle-ci doit draguer la cuvette.

Leur ensemble constitue deux chantiers que surveille un même mécanicien en premier, et qu'alimente d'eau douce une citerne à vapeur.

Nous croyons inutile de rappeler le fonctionnement de ce puissant engin qui s'avance sur une longue chaîne immergée, dite *chaîne d'avancement*, et qui *papillonne* sur quatre chaînes fixées à des pieux sur les rives, deux à bâbord, deux à tribord. Les déblais pris à 8^m,50 de profondeur sous l'eau sont élevés par la chaîne à godets et retombent dans un couloir dont le bec est à 5 mètres environ au-dessus du plan de l'eau.

Une presse hydraulique élevant ou abaissant le couloir permet d'en faire varier l'inclinaison suivant la hauteur des berges et suivant la nature des déblais que délaie d'ailleurs un courant d'eau lancé par une pompe spéciale.

Le garage de cet appareil, d'une force de 80 chevaux, et qu'occupe à la ligne d'eau une surface de 27^m,50 sur 33 mètres s'opère avec la plus grande célérité dès qu'un navire est signalé. Les treuils de papillonnage, agissant sur les chaînes de bâbord, fixent la drague contre la berge, celles de tribord sont lâchées et tombent au fond de l'eau, et l'élinde est relevée. Le navire passe sans crainte à une distance de 7 à 8 mètres du flanc tribord.

Les tableaux sont relatifs au fonctionnement de la petite drague et de la grande drague à long couloir.

Il n'est pas inutile de donner quelques renseignements sur la manière dont sont organisés les chantiers et les équipes de ces appareils.

Les deux dragues travaillent à proximité : un surveillant mécanicien dirige leur fonctionnement, et une citerne à vapeur leur distribue l'eau douce qu'elle va puiser à un garage voisin. Les équipages de chaque drague sont doubles et travaillent alternativement par quarts de six heures.

L'équipage de la grande drague est ainsi organisé :

1 surveillant-mécanicien ;

2 seconds ;
1 mécanicien ;
2 mécaniciens en second ;
4 chauffeurs ;
16 matelots ;
2 chauffeurs pour la locomobile de la pompe ;
4 manœuvres (Arabes) ;
1 gardien des feux et vigie ;
15 terrassiers au bourrelet.

Ces derniers doivent maintenir sur les berges le bourrelet qui a pour but d'empêcher les déblais de retomber dans le canal.

Quant aux autres dragues qui travaillent dans les autres parties du canal où les berges sont plus élevées, leur mode de fonctionnement est suffisamment connu ; et bien qu'elle soit pourvue de dispositions perfectionnées, fruit d'une longue expérience, il est moins intéressant de s'y appesantir.

Voici cependant quelques moyennes relatives au rendement des divers types de dragues employés suivant les divers points où elles fonctionnent :

MOYENNE.		DRAGUE
Heures de marche.		
— chauffe.	par jour.	
Cube.	par mois.	
Jours de travail.		
Heures de marche.. . . .		
Cube par heure de marche.		
Cube par mois.		
Heures de chauffe par mois.		
Cube par heure de chauffe.		
		CONSO
Charbon brûlé par heure de travail effectif.		
— pendant les arrêts.	{ jour.	
— par heure de marche.. . . .	{ nuit.	
— — chauffe.. . . .		
— par jour de travail.		
— par mois.		
— par mètre cube de déblais.. . . .		
Jours d'arrêt par mois pour { réparations.. . . .		
{ mauvais temps.		
{ causes diverses.		
Total.		
Jours de travail par mois.		
Heures de marche.		
Avancement par heure de marche.		
— par mois.		
Heures de chauffe par mois.		
Avancement par heure de chauffe.		
Prix du mètre cube { pour main-d'œuvre et matières.. . . .		
de déblais. { — grosses réparations et amortissement.		
{ — frais généraux.		
Total.. . . .		
Prix de l'heure de marche.. . . .		
— chauffe.. . . .		
Dépense par jour de travail effectif.		
— moyenne par mois.		

CHEVAUX.	DRAGUE GOVIN, 75 CHEVAUX.			
	Avant-port.	CANAL		
		Sect. Port-Saïd.	Section Ismaïlia.	Section Suez.
T.				
1 ^h ,55'	11 ^h ,37'	9 ^h ,23'	9 ^h ,32'	10 ^h ,04'
3 ^h ,23'	13 ^h ,23'	13 ^h ,04'	13 ^h ,05'	14 ^h ,02'
2904 ^{m3}	1377 ^{m3}	1026 ^{m3}	968 ^{m3}	654 ^{m3}
26,45	26,80	28,75	28,20	28,20
315	338	270	269	284
244 ^{m3}	109 ^{m3}	109 ^{m3}	101 ^{m3}	65 ^{m3}
6830 ^{m3}	36900 ^{m3}	29500 ^{m3}	27300 ^{m3}	18500 ^{m3}
354	359	376	370	396
217 ^{m3}	103 ^{m3}	78 ^{m3}	74 ^{m3}	47 ^{m3}
HARBON.				
10 ^k ,110	247 ^k ,330	246 ^k ,390	239 ^k ,650	234 ^k ,100
14 ^k ,020	49 ^k ,460	82 ^k ,130	79 ^k ,880	78 ^k ,030
8 ^k ,505	12 ^k ,360	12 ^k ,320	11 ^k ,980	11 ^k ,700
2 ^k	271 ^k	293 ^k	283 ^k	277 ^k
12 ^k	225 ^k	210 ^k	206 ^k	198 ^k
5 ^k	2685 ^k	2750 ^k	2675 ^k	2755 ^k
7 ^k ,300	70 ^k ,300	79 ^k ,100	76 ^k ,200	78 ^k ,500
0 ^k ,746	2 ^k ,663	2 ^k ,681	2 ^k ,791	4 ^k ,243
T.				
1,50	2,30	2,25	1,30	1,45
1,55	0,25	"	0,10	"
0,50	0,65	"	0,40	0,35
3,55	3,20	2,25	1,80	1,80
26,45	26,80	28,75	28,20	28,20
315	338	270	269	284
3 ^m ,90	2 ^m ,45	3 ^m ,35	5 ^m ,75	3 ^m ,80
2 ^m	827 ^m	900 ^m	1550 ^m	1070 ^m
354	359	376	370	396
3 ^m ,50	2 ^m ,30	2 ^m ,40	4 ^m ,20	2 ^m ,70
ENT.				
0 ^r ,506	0 ^r ,904	1 ^r ,061	1 ^r ,039	1 ^r ,754
0 113	0 203	0 243	0 228	0 391
0 126	0 198	0 195	0 223	0 393
0 745	1 305	1 499	1 490	2 538
24 ^r "	99 ^r "	116 ^r "	106 ^r "	114 ^r "
10 "	93 "	83 "	77 "	82 "
71 "	1243 "	1089 "	1008 "	1149 "
10 "	33300 "	31300 "	28400 "	32400 "

ET DOC

evient
me on
le tel

ade les
nps.
différen
de Suc
es qui a
être cu
iez est
et obli
qui art

AREMENT

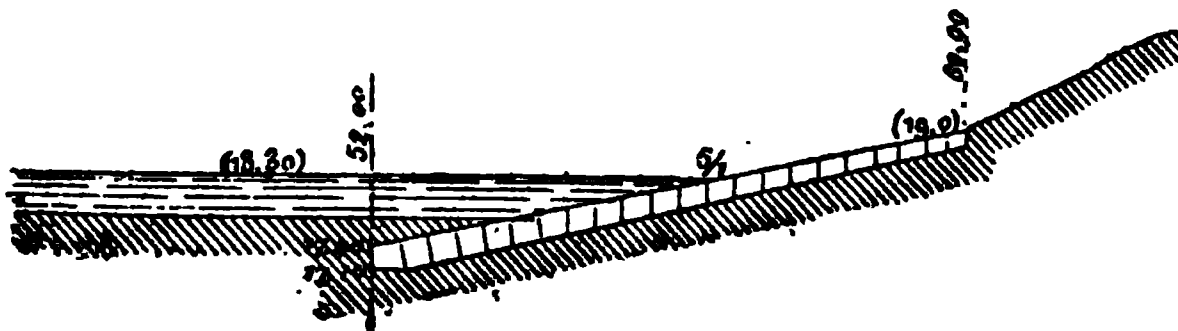
der une
aritime
nt liée
es berg
ans le c
itesse r
dans la
vire pou
me d'ea
rges. Co
anches
ve repc
l'arrête
ondeur
argilo-
batare
cultés,
dont le
cette p
plus se

ieuses o
onner a
e à gra
n fer e
uin, soit

Avant de s'arrêter à un type d'empierrement, on a assez longtemps tâtonné. Toutes sortes de pentes et diverses profondeurs ont été essayées. La meilleure preuve que nous en puissions donner est la désignation du type auquel on s'est arrêté en 1882.

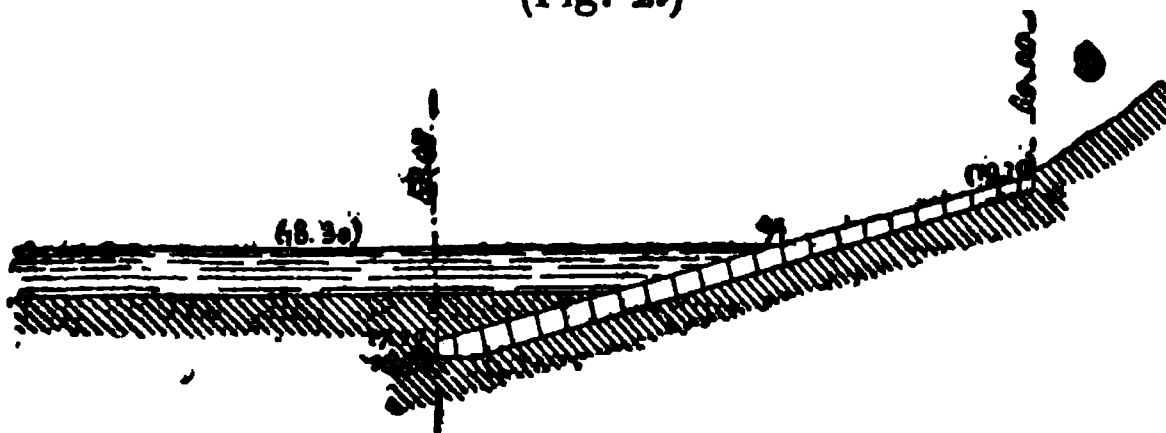
Voici quels sont les types d'empierrements les plus récents et les plus employés, et leur prix de revient (*):

(Fig. 1.)



Pierre par mètre courant.	2 ^t ,895
Main-d'œuvre.	21 ^f ,229
Prix de la pierre.	24 ^f ,323
Chaux par mètre.	254 ^k ,735
Prix de la chaux.	14 ^f ,011
Prix de l'empierrement par mètre	59 ^f ,563
Quantité de chaux par tonne de pierre.	87 ^k ,895
Main-d'œuvre par tonne de pierre.	7 ^f ,330

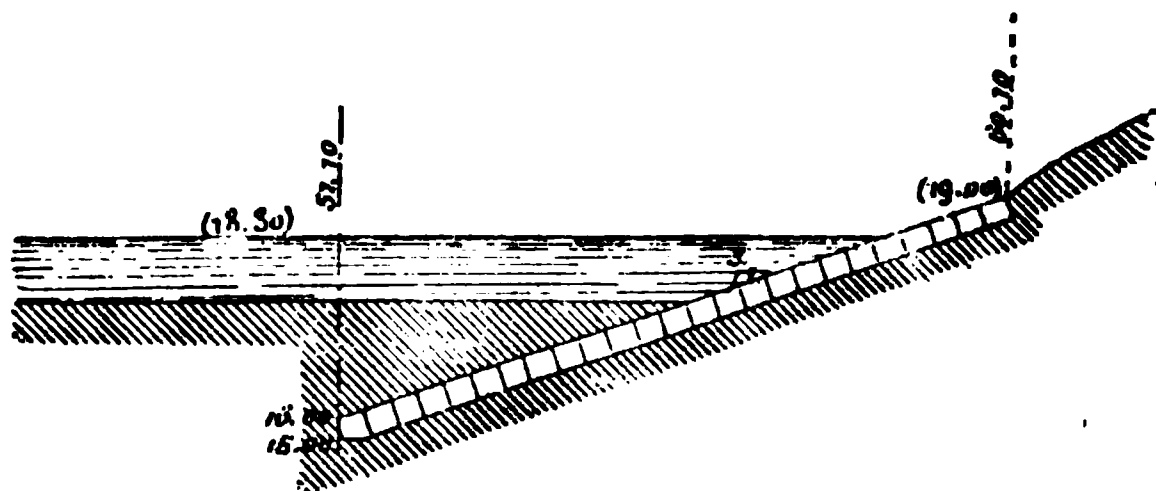
(Fig. 2.)



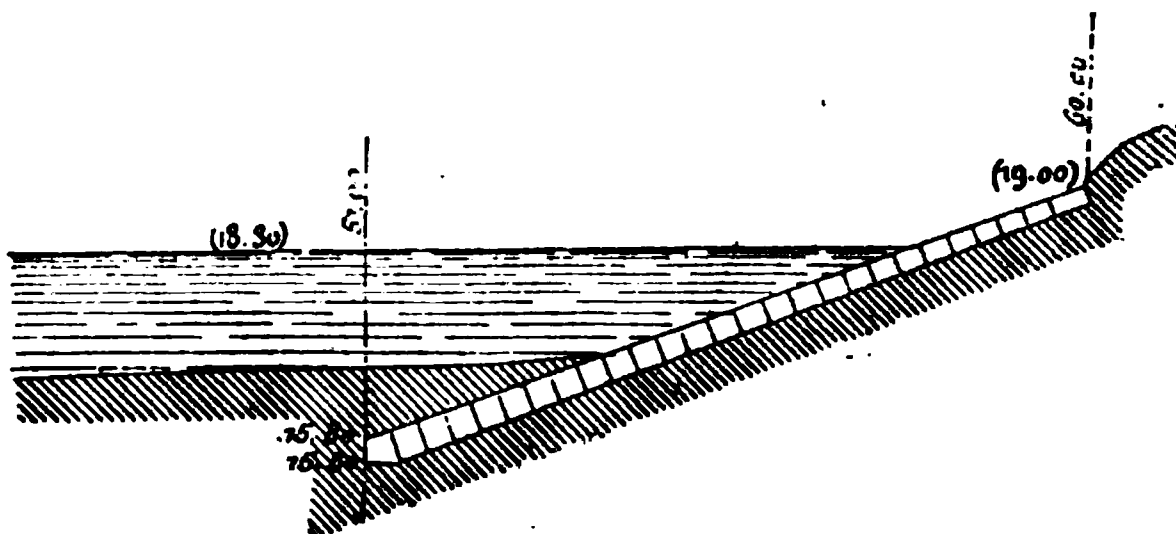
Pierres par mètre courant.	3 ^t ,91
Prix — — — — —	80 ^f ,00

(*) Les cotes verticales indiquent les distances à l'axe du canal.

(Fig. 3.)



Pierres par mètre courant..	4 ^t ,48
Prix — — — — —	100 ^f ,00

Type modifié (fig. 4).

Pierres par mètre courant..	4 ^t ,50
Prix — — — — —	105 ^f ,00

La construction de ces empierrements se fait, avons-nous dit, au moyen de batardeaux qu'on remplit d'argile prise sur les berges et que l'on pilonne avec soin. Les Arabes qui composent ces chantiers se mettent dans l'eau et épuisent au moyen de seaux. Le procédé est assez primitif, mais en somme assez économique ; il ne devient défectueux que si une rupture de batardeau se produit sous la pression de l'eau ou le violent remous d'un navire.

La fouille qui se fait ensuite est assez coûteuse par suite de la viscosité des terres détrempées ; c'est elle qui majore si fortement les prix de revient des deux derniers types adoptés.

La tenue de ces empierrements est généralement assez bonne ; les matériaux sont d'ailleurs d'excellente qualité. La pierre, qui vient de l'Attaka, montagne voisine de Suez, est formée de caill-

loux, de coquilles et de débris de végétaux pétrifiés et agglutinés par de la silice ; la chaux hydraulique provient du Theil.

Quelques-uns des empierrements dernièrement construits paraissent cependant défectueux, et présentent des cassures longitudinales qui compromettraient le sol de l'empierrement si elles n'étaient bouchées (fig. 5). La cause en est la suivante. Les éro-

(Fig. 5.)



sions ayant reporté la ligne d'eau au delà de la distance théorique de 50 mètres, on est forcé de remblayer pour asseoir l'empierrement qui repose, par suite, sur deux terrains d'inégale consistance. Il semblerait préférable d'adopter, dans ce cas, une pente plus raide.

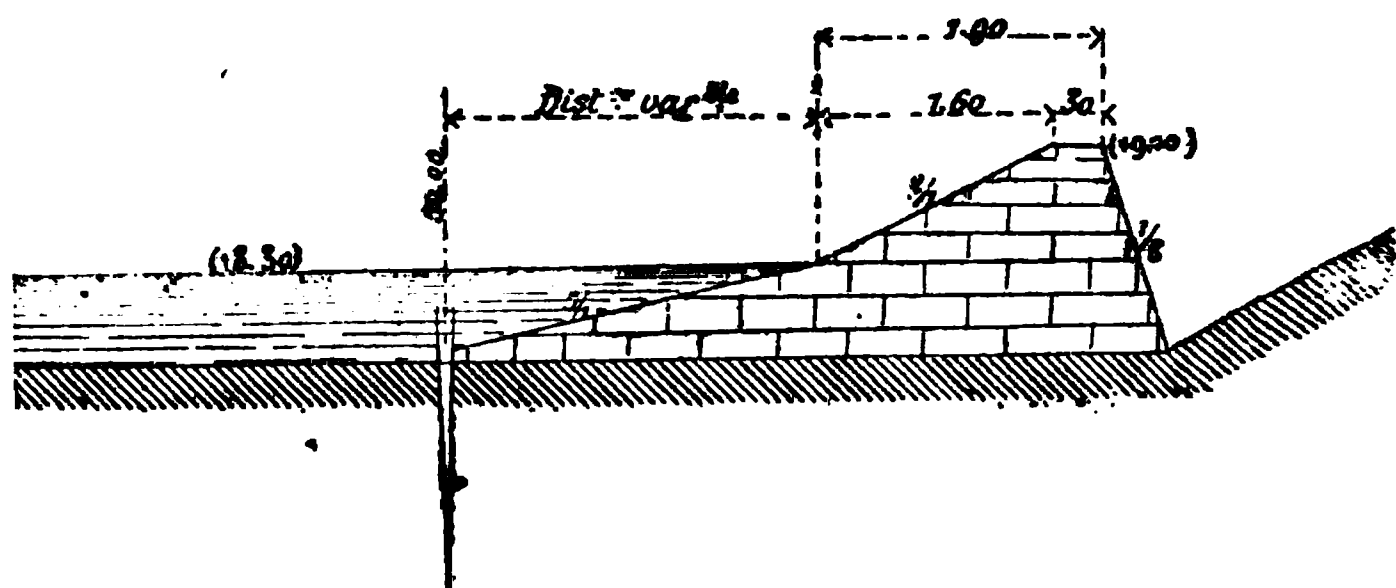
Dans tous les terrains où le sable est pur, il ne se produit pas d'érosions, mais une petite plage où vient mourir le remous.

Mais si le sable est mélangé d'argile, les érosions sont très importantes; on les arrête en les empierrant.

Dans les commencements, on se bornait à jeter pêle-mêle quelques pierres qui ne faisaient qu'aggraver le mal, car le remous venant se briser contre ces pierres, affouillait le terrain à l'entour, et peu à peu elles étaient entraînées sur la risberme et de là dans la cuvette. On songea alors à les retenir au moyen de vieilles cornières qu'on appointissait et qu'on enfonçait suivant un alignement.

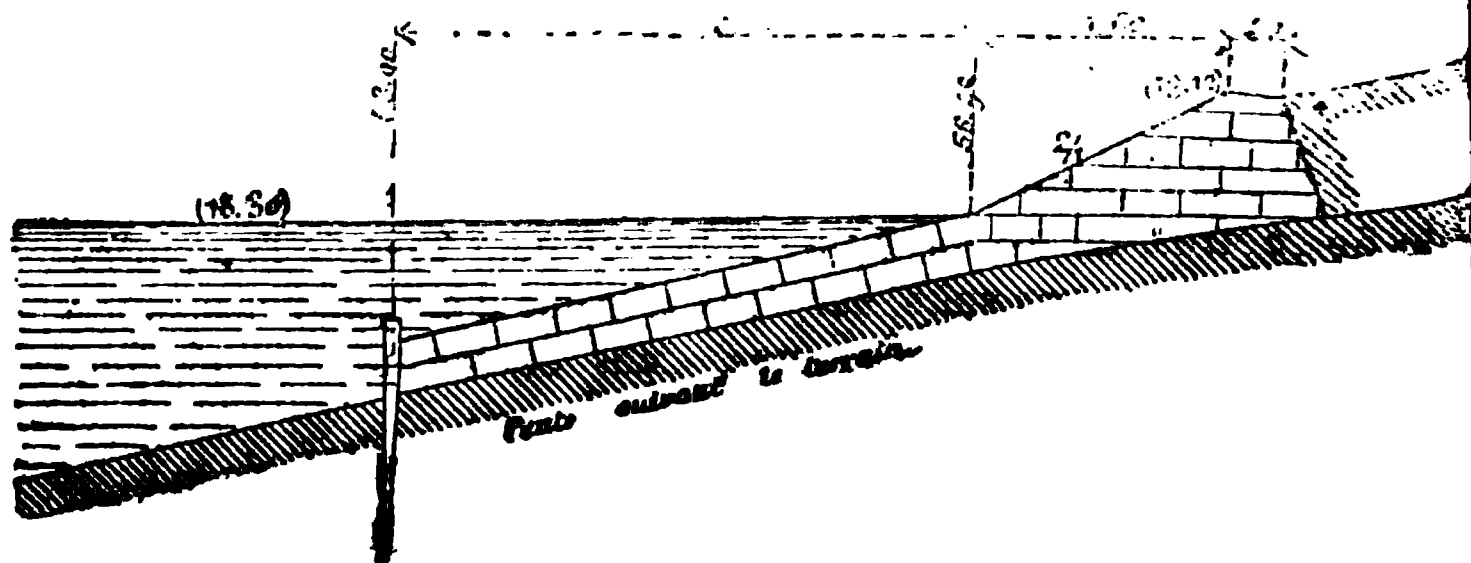
De là deux types d'empierrement :

Type (fig. 6.)



Par mètre courant. { 4^l,87
55^l,00

Type modifié (fig. 7).



Par mètre courant. { 4^l,90
65^l,00

La main-d'œuvre de ce dernier type d'empierrement est très coûteuse, surtout pour l'exécution du glacis qui doit avoir des assises à joints parfaitement croisés et qui exige l'emploi de pierres s'appuyant au moins sur deux cornières. Cette condition est essentielle, car à la suite de l'affouillement qui se produit au pied des cornières, tout le glacis doit descendre d'une seule pièce, sinon les pierres se bouleversent et disloquent tous les gradins.

Il arrive aussi très souvent que les chaînes à papillonnage des dragues qui sont amarrées sur les berges à des corps morts, s'introduisent entre deux cornières et les inclinent; le pied du glacis, n'étant plus retenu, s'échappe et tout l'empierrement est entraîné dans sa chute.

PLANTATIONS.

Il ne reste, pour terminer cet aperçu sur les travaux de protection des berges, qu'à dire un mot des plantations faites à la ligne d'eau du canal dans le but d'empêcher les érosions.

Des plans de tamarix ont été piqués sur les berges en plusieurs points. Les essais ont été absolument infructueux, sauf dans les seuils d'El-Guisr et du Sérapéum dont le terrain sablonneux paraît seul convenir à cet arbuste. Encore est-il nécessaire dans les premières semaines de faire des arrosages d'eau douce qui sont excessivement coûteux, attendu que les prises d'eau sont espacées de 10 kilomètres. (*Extrait des Annales de la Construction.*)

Durée comparative des rails de fer et d'acier. — Le Bulletin du Comité des Forges de France publie le tableau suivant donnant la durée comparative des rails de fer et d'acier sur les chemins de fer belges.

ANNÉE de la pose.	ANNÉES de service.	QUANTITÉ P. 100 DE RAILS REMPLACÉS	
		Fer.	Acier.
1869	12	65,74	0,89
1870	11	84,54	—
1871	10	95,74	—
1872	9	72,41	0,44
1873	8	41,41	—
1874	7	17,44	—
1875	6	26,66	—
1876	5	14,98	—
1877	4	4,19	—
1878	3	—	—
1879	2	0,23	—
1880	1	—	—

Longueur des chemins de fer et des tramways électriques. — D'une statistique récente il résulte que la longueur des chemins de fer ou tramways électriques, en exploitation ou en construction, atteint 160 kilomètres.

Les lignes en exploitation sont : en Allemagne, celles de Lichterfeld, de 9^k,300, et de Spandauer-Bock à Charlottenburg, près de Berlin ;

2° En Irlande, celle de Zandwoort à Kostverloren, de 2^k,10.

Les lignes concédées, ou en construction, sont :

1° En Allemagne, celle de Wiesbaden à Nuremberg, de 2 kilo-

ES ET DOCUMENTS.

royales de Saxe à Za

**Wodling, près Vien
ndres, la ligne de
st, dans le Sud du P
mentée des chutes
in à Milan.**

**gne de 80 kilomètres
à Saint-Louis, une lig
tion. (*Extrait des An***

(N° 12)

NOTE

SUR

LA MESURE DES VITESSES ET DES DÉBITS.

DANS UN COURS D'EAU RAPIDE ET PROFOND.

Par M. H. de LAGRENÉ, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La présente note décrit les procédés et les appareils employés pour mesurer, au moyen du moulinet, les vitesses de l'Elbe, du Danube et d'autres cours d'eau importants de l'Autriche. Elle n'est qu'une analyse abrégée de l'ouvrage publié en allemand par M. Harlacher, professeur à l'École polytechnique de Prague et chef des travaux hydrométriques de la Bohême (*).

Nous avons pensé qu'il y aurait intérêt à faire connaître par la voie des *Annales* les ingénieux appareils imaginés et perfectionnés peu à peu par M. Harlacher, pendant dix-huit années d'études et d'expériences.

Établissement d'un support rigide pour le moulinet, et détails de construction et de manœuvres. — Dans les cours d'eau peu rapides et peu profonds, le moulinet peut être suspendu au bout d'une perche suivant le procédé habituellement employé (*fig. 1*), mais si cette perche doit être enfoncée profondément dans un courant rapide, sa

(*) *Die messungen in der Elbe und Donau, und die Hydrometrischen apparatus und methoden des Verfassers*, von Harlacher, professor an der Deutschen technischen hochschule in Prag. — Leipzig, Verlag von Arthur Félix.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

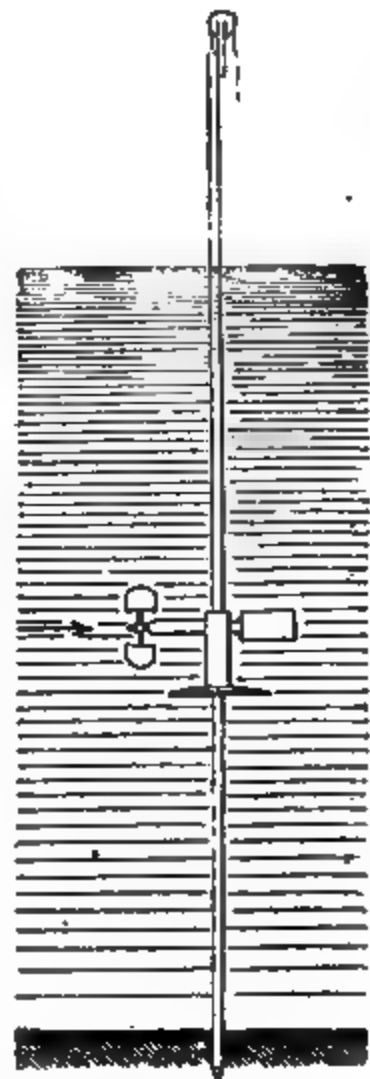
devient très pénible, elle prend une flèche pièce encastrée à une extrémité et dont l'autre est libre, elle se tord; le moulinet n'est plus dans le fil de l'eau, il s'incline plus ou moins dans un sens et ne donne plus la vitesse que l'on

pour corriger ces défauts, on donne pour supporter le tube métallique suffisamment rigide, l

Fig. 1.



Fig. 2.



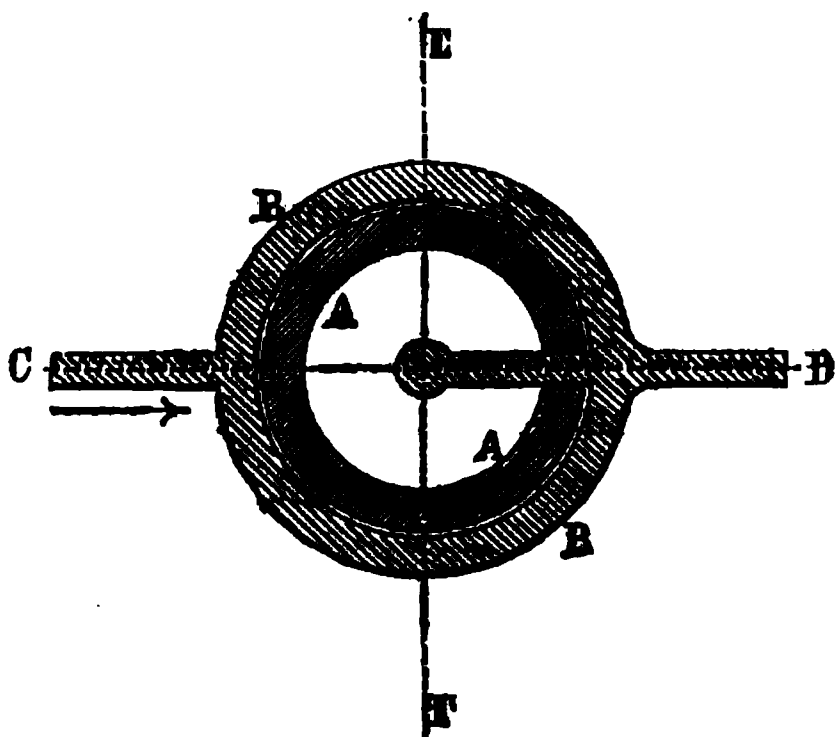
fixé à sa partie inférieure dans le fond du puits, est maintenu verticalement en tête par un appareil (Pl. 8, fig. 2); le moulinet glisse le

de ce tube, il est soutenu par une corde qui passe dans l'intérieur du tube, enfin, il porte à sa partie inférieure un disque qui limite sa course en venant reposer sur le fond de manière que le moulinet ne puisse y toucher lui-même et s'y détériorer.

La corde de suspension est graduée et indique la profondeur à laquelle se trouve le moulinet.

Le tube de support porte, suivant une génératrice et du côté d'aval, une fente rabotée dans laquelle pénètre et glisse verticalement un rayon faisant corps avec la douille qui porte le moulinet. C'est sur ce rayon qu'est fixée la corde de suspension (fig. 3); le moulinet est d'ailleurs

Fig. 3.



AA tube du support; BB douille du moulinet; C côté du moulinet;
D côté du gouvernail (aval); EF profil en travers normal au courant;

équilibré au moyen de son gouvernail de manière que son centre de gravité soit sur l'axe du tube. Ce gouvernail sert uniquement de contrepoids, l'orientation du moulinet étant déterminée par celle du tube de support.

Afin d'éviter que la pression produite par le courant contre le moulinet et contre sa douille n'occasionne un frottement qui pourrait gêner le mouvement vertical du moulinet le long du tube de support, la douille porte inté-

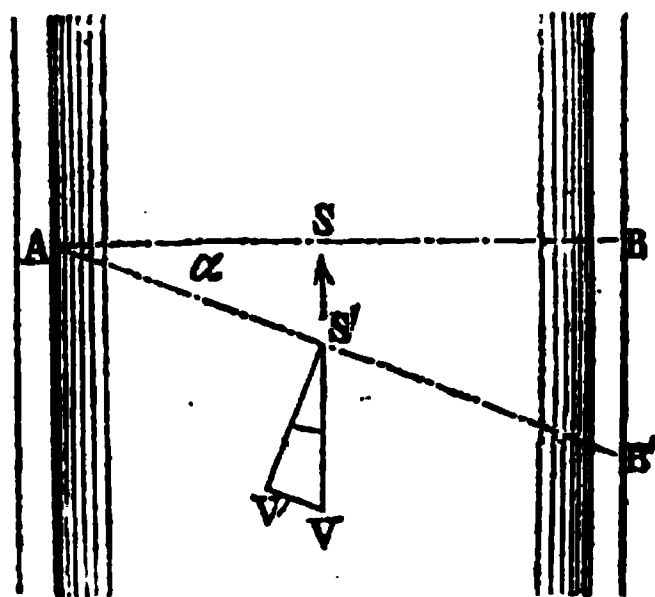
ent six petits galets, trois en haut que le moulinet roule avec descend par son propre poids. corde de rappel est arrêtée à portée de la main de l'opérateur est hors de l'eau, ou bien elle s'enroule sur un cylindre mû à volonté par une manivelle.

La distance verticale entre le disque et le moulinet est de 0^m,15 à 0^m,20. Le moulinet se trouve ainsi profondément immergé. Il ne paraît pas utile de descendre plus près du fond, la courbe des sondes ayant un caractère de continuité. Les points qui ne sont pas déterminés par le moulinet s'enroulent sur le tambour sur lequel s'enroule la corde. Le cadran dont le développement est un cadran divisé en cinquante divisions, chaque division indique un nombre de mètres, 0^m,01 suivant la verticale. Le cadran est compté, soit directement, soit à l'envers, à cet effet.

Le moment où le disque touche le fond, on sait que la corde devient lâche. Le support porte en tête, sur une plaque (Pl. 8, fig. 1, 16, 19), une ligne au plan vertical passant par l'axe du moulinet qui guide le gouvernail du moulinet. Placés sur la rive, on place le moulinet sur le profil en travers que l'on établit normal à la direction générale du courant. Le moulinet est ainsi orienté suivant une normale et parallèlement à la direction du courant. Il ne s'écarter ni dans le sens horizon-

On sait toutefois que dans un même profil en travers toutes les vitesses sont loin d'être parallèles entre elles, de sorte qu'en réalité, le soin que l'on prend à tracer le profil en travers normalement à l'axe du cours d'eau n'a pas pour conséquence d'éviter une rencontre oblique entre le moulinet et un certain nombre de filets; mais il est facile de reconnaître que le jaugeage peut se faire suivant un profil en travers oblique AB' aussi bien que suivant le profil en travers normal AB (*fig. 4*), pourvu que le mou-

Fig. 4.



linet soit constamment normal au profil suivant lequel on opère.

En effet, le débit élémentaire suivant chaque profil est égal à l'élément de surface de ce profil multiplié par la composante de la vitesse normale à cet élément.

Si donc on désigne par dS l'élément superficiel de la section mouillée S suivant AB ,

dS' l'élément superficiel de la section mouillée S' suivant AB' ,

Q le débit mesuré suivant AB ,

Q' le débit mesuré suivant AB' ,

α l'angle des deux profils,

V la vitesse normale à l'élément dS ,

V' la vitesse normale à l'élément dS' ,

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

$$= \int V dS \quad \text{et} \quad Q' = \int V$$

$$= dS' \cos \alpha \quad \text{et} \quad V' = V$$

$$= \int V \cos \alpha \frac{dS}{\cos \alpha} = \int V dS:$$

n appareil qui permet c
 alinet dans une direction)
 , se faire sur un profil o
 fil normal qui lui-même
 approximative, puisque l'
 int d'un cours d'eau il se
 dans la direction et dan
 nfluence de tourbillons p
 our avoir la composante
 , il faut absolument que
 une direction invariable
 cher.

mbre de rotations du mo

— Les moulinets dont
 sont munis d'un compte
 rs effectués par le mou
 pour lire ce nombre de
 de l'eau, on l'y replonge
).

upport de M. Harlacher
 s renouvelés à chaque lec
 éviter la perte de temp
 et pour cela il a établi
 entre le moulinet et le p

se tient l'observateur, de manière que ce dernier ait connaissance du nombre de tours à chaque instant, sans déplacer l'instrument.

On comprend que la rapidité des opérations est une des conditions de succès dans les jaugeages des grands cours d'eau, à cause des variations de hauteur et de débit qui peuvent survenir.

On imagine facilement qu'une pile placée près de l'observateur peut-être rattachée au moulinet par un fil placé dans le tube de support, et que ce fil peut être disposé de telle sorte que chaque rotation produise une interruption et une reprise du courant ; enfin qu'à chaque période de cinquante ou de cent tours, par exemple, on soit averti par un signal voulu, soit acoustique, soit optique, soit graphique. Telle est l'idée générale de l'appareil réalisé par M. Harlacher qui démontra, en 1872, que le contact entre le moulinet et le conducteur peut avoir lieu au milieu de l'eau sans qu'il soit besoin de placer ce contact dans une enveloppe étanche plus ou moins compliquée. La présence de l'eau entre les surfaces qui donnent les contacts successifs a même, suivant l'auteur, l'avantage de pouvoir rendre suffisant un faible courant électrique.

Appareil à cloche. — L'appareil à cloche donne un procédé très simple pour compter le nombre des rotations. Le courant électrique naturellement interrompu n'est fermé qu'après chaque m^{e} rotation ; au moment du contact qui produit la fermeture, une cloche sonne et le son dure autant que le contact ; quand la cloche aura sonné n fois, le moulinet aura fait mn tours ; le temps est d'ailleurs donné par un chronomètre. M. Harlacher pense que la durée de l'observation en chaque point, c'est-à-dire le temps pendant lequel les mn rotations ont lieu, doit être à peu près uniforme, par exemple de cinq minutes. (L'appa-

enté Pl. 8, *fig.*

intercalé. — L'
l y ait un contac
ans ce cas, le
e parce qu'il ser
le courant un
qui, à chaque
er d'une divisi
ette aiguille a fi
i avance d'une
le de compteur
ts liquides, il
iron sept cent

graphique. —
t les représente
rcale dans le cc
bande de pap
t l'empreinte d'
aque contact. /
fig. 5), et l'exa
pte immédiaten
variations contin

Fig. 5.



plus ou moins
ite l'étude si c

connue des mouvements des filets ou des molécules d'un cours d'eau.

Les variations de la vitesse en un point sont si nombreuses que pour pouvoir en apprécier exactement la vitesse moyenne, il faut, suivant M. Harlacher, faire durer l'observation pendant au moins cinq minutes.

Détermination de la vitesse moyenne suivant une verticale. — Intégrateur mécanique. — La vitesse de l'eau en un point s'obtient, comme on le sait, en multipliant par le coefficient de tarage, le nombre de tours effectués par le moulinet pendant une seconde. Nous laissons actuellement de côté ce coefficient, que nous étudierons plus loin.

Si après avoir déterminé la vitesse au droit des différents points d'une verticale AB on construit la courbe A_1B_1 ,

Fig. 6.

Δ

qui a pour ordonnées ces vitesses, on donne le nom de vitesse moyenne au quotient de la surface $A A_1 B_1 B$ par la hauteur AB (*fig. 6*), ce qui s'exprime par l'équation

$$V_m = \frac{\int_0^h v dy}{h}.$$

La distance AA_1B_1B peut se mesurer avec un planimètre polaire et conduire à la vitesse moyenne V_m , mais on peut aussi mesurer cette vitesse moyenne au moyen d'un chronomètre sur un mg de son tube de support graphique. Il suffit en effet de faire descendre le tube de A en B avec une vitesse constante. On peut aussi, à l'aide d'un chronomètre graphique le nombre de tours effectués pendant la descente; un compteur de tours permet de connaître la durée t de la descente, le nombre N de tours correspondant à la vitesse V_m , on a cette vitesse en

fonction de N et du tarage.

Le mouvement descendant (ou ascendant) peut être rendu uniforme par divers procédés. On peut, par exemple, déclancher le mouvement par un ressort qui agit sur un levier, à chaque battement du pendule. On peut aussi, sur le tambour sur lequel se déroule le graphique, par un volant convenable, rendre le mouvement complètement uniforme par une manivelle qui agit sur le tambour. On peut aussi tresser dans la corde de suspension un fil qui agit sur le mouvement.

On peut aussi faire le mouvement d'intégration à l'aide d'un flotteur qui se déplace au-dessus de l'eau afin qu'il reste toujours à la même profondeur quand il atteint la surface. On peut aussi, quand on met en mouvement le graphique, faire descendre le tube de support graphique et d'autre

manière. On recommande de faire descendre le tube de support graphique descendant uniformément.

ensuite en le remontant uniformément ou inversement, puis de prendre la moyenne de deux résultats s'ils ne sont pas identiques.

On observe que le moulinet ne peut descendre jusqu'au sol et que si c est l'écart entre l'axe du moulinet et le fond, quand le disque d'arrêt repose sur le sol, la vitesse moyenne trouvée sera

$$\frac{\int_0^{h-c} v d\cdot}{h-c},$$

tandis que la vitesse moyenne réelle est $\frac{\int_0^h v dy}{h}$; elle est un peu plus faible que la précédente. Mais pour les cours d'eau profonds, dont nous nous occupons spécialement ici, la différence entre ces deux expressions est sans aucune importance et nous laisserons de côté les procédés de correction indiqués par M. Harlacher pour être appliqués au besoin.

Variations de la vitesse en un point. — Le moulinet muni de l'enregistreur graphique permet, comme nous l'avons dit, d'étudier les variations de vitesse en un point ; il donne les éléments de la courbe $V = f(t)$, dont les abscisses représentent le temps et les ordonnées la vitesse ; la bande de papier qui reçoit la trace des rotations est en effet animée d'un mouvement uniforme et indique le nombre de rotations pendant chaque seconde.

La figure 21, Pl. 8 représente les courbes des variations des vitesses constatées pendant une minute dans l'Elbe, à Tetschen, le 14 octobre 1877.

Les variations paraissent être moins nombreuses, mais plus importantes près du fond, comparativement à celles voisines de la surface.

Ce mouvement pulsatoire de l'eau ne peut, suivant M. Harlacher, s'expliquer que par l'existence de tourbillons. Toute la masse de l'eau lui paraît être soumise à un mou-

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

re qui n'est guère compatible avec le régime des filets liquides.

moulinet. — Le tarage d'un moulinet est la relation entre le nombre de tours N et la vitesse V de l'eau.

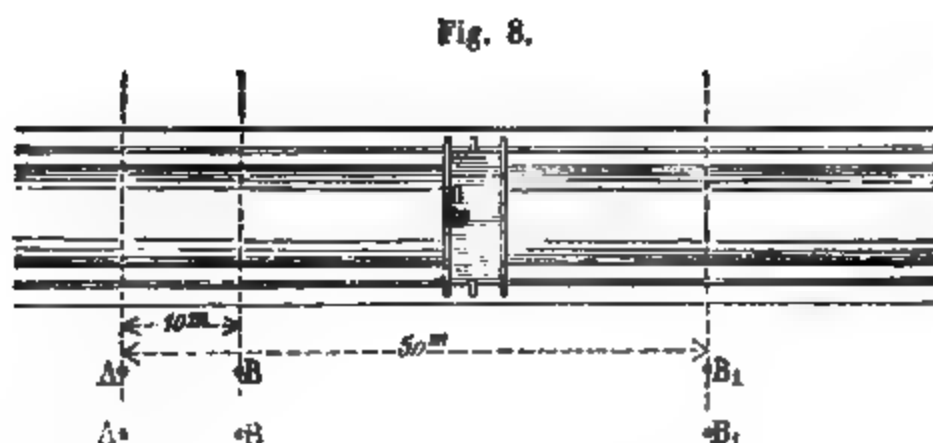
Pour faire le tarage, on choisit une eau courante dont le courant est le plus fort et le plus régulier, le faisant mouvoir dans un canal droit. On considère la première méthode comme la plus exacte à cause des perturbations produites par les variations continuelles de la vitesse. Au point, il s'est donc servi d'un moulinet. Les que nous allons l'expliquer, les conditions à remplir sont les suivantes : la disposition d'un plan d'eau doit être telle que le chemin parcouru par le moulinet atteigne 80 ou 100 mètres, et que le moulinet plongé à environ 0^m,50 ne soit pas sujet à recevoir un mouvement de rotation. Le support du moulinet doit être fixé à une position rigoureuse.

Le moulinet doit conserver une position fixe au chemin parcouru. La vitesse du courant doit être uniforme. On recommence un grand nombre de fois avec des vitesses différentes, commençant à la plus faible jusqu'à la plus forte, et c'est ainsi qu'on établit le tarage. Les résultats obtenus sur la Moldaw, le nombre de tours N et les vitesses de déplacement V sont les suivants :
23.
Les compteurs mécaniques

qui indiquent le nombre de tours du moulinet doivent être disposés de manière à s'arrêter ou à être mis en mouvement au moment où le moulinet traverse les profils en travers qui limitent le trajet. Il faut enfin avoir une mesure exacte du temps du trajet.

Les figures 7 et 8 indiquent les dispositions adoptées

Fig. 7.



par M. Harlachier pour remplir les conditions qui viennent d'être indiquées.

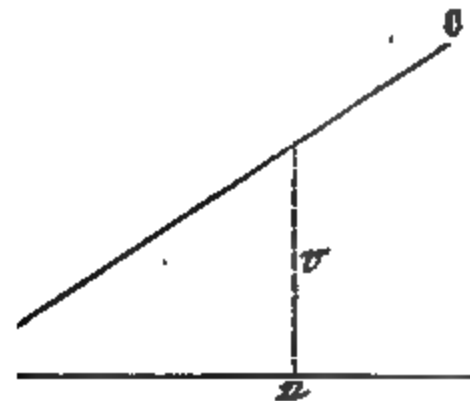
De chaque côté d'un canal rectiligne d'environ 7 mètres de largeur et 1^m,50 de profondeur on a établi solidement un rail sur lequel roule une passerelle à laquelle est suspendu le moulinet. Une caisse inférieure à cette passerelle, mais supérieure à l'eau, reçoit un manœuvre qui surveille de plus près l'instrument et fait les lectures quand l'appareil n'est pas muni d'un compteur ou d'un enregistreur

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

uvement de la passerelle
 re égal d'hommes poussa
 pinnule AA et BB marque
 trajet, qui pour les petite
 mètres, tandis que pour
 $AB_1 = 100$ mètres.

moulinets tarés ainsi, la
 ion entre V et n est du
 $\alpha + \beta n$, en exceptant to
 brières à environ $0^m,30$,

Fig. 9.



ligne droite OC est rem
 onstantes α et β déduites
 moindres carrés sont spéci
 moulinets que nous allons
 compteur ordinaire

.....	$V = 0,$
compteur ordinaire	
.....	$V = 0,$
compteur ordinaire	
.....	$V = 0,$
ique avec sonnerie	
.....	$V = 0,$
ique avec sonnerie	
.....	$V = 0,$
trique de Harlacher	$V = 0,$
trique de Harlacher	$V = 0,$

Les moulinets de 1° à 5° marchent vite, tandis que le grand appareil des n° 6 et 7, destiné au mesurage des eaux rapides produit en raison de sa construction plus pesante, une constante α plus grande. Dans le Danube, il faisait au maximum 272 tours par minute, pour une vitesse de 2^m,896 par seconde.

Observations sur la forme des ailes du moulinet. —

Un moulinet parfait serait, selon M. Harlachner, celui dont la vitesse de rotation serait exactement proportionnelle à la vitesse de l'eau, donnant par conséquent la relation $V = \beta n$, mais en réalité la constance du coefficient β n'est jamais obtenue. Pour se rapprocher le plus possible de cette constance on doit donner à chaque aileron une surface semblable à celle de la vis, faire ces ailerons aussi grands que cela est possible et les relier au moyeu par des bras très minces. Théoriquement, pour des ailerons ainsi construits en forme de vis, le coefficient β est précisément égal au pas de la vis, et la proportionnalité exprimée par la formule $V = \beta n$ est réalisée; mais en réalité les frottements des coussinets, le mouvement des bras qui coupent le fil de l'eau, etc., provoquent une variation du coefficient β et donnent à la relation la forme $V = \alpha + \beta n$. Le chemin S ou $\frac{V}{n}$ parcouru par l'eau pour un tour n'est plus

égal à β mais à $\beta \times \frac{V}{V - \alpha} = S$. Or les expériences indiquent

que les variations de S sont très faibles pour les ailerons construits comme il vient d'être expliqué, tandis qu'elles sont assez fortes pour des ailerons ayant la forme d'une hélice de bateau, c'est-à-dire quand ces ailerons sans bras sont unis directement au moyeu; enfin elles sont encore plus fortes pour les ailerons plans ou pour les ailerons en forme de demi-sphère creuse. La vitesse de rotation de ces dernières est loin d'être proportionnelle à la vitesse

de l'eau, de même que la vitesse de rotation de l'anémomètre de Robinson est loin d'être proportionnelle à la vitesse du vent

Calcul du débit d'un cours d'eau. — Si on trace un profil en travers normal à la direction du courant et si on représente par x et y les coordonnées d'un point de la surface mouillée pour lequel la vitesse du filet correspondant est v , le volume d'eau qui passera en une seconde par l'élément $dx dy$ est $v dx dy$, et le volume d'eau qui passera en une seconde par le profil entier sera :

$$Q = \iint v dx dy;$$

C'est là ce qu'on entend par débit d'une rivière pour un niveau déterminé.

Il faut observer toutefois que, pour un niveau déterminé, v n'est pas seulement fonction de x et de y , mais qu'il dépend aussi de la pente i du cours d'eau, de sorte que si cette pente varie, Q varie aussi; mais on suppose que pendant le jaugeage le niveau et la pente une fois constatés ne varient pas.

Si on imagine qu'en chaque point du profil en travers on élève sur le plan de ce profil une normale ayant une longueur égale à la vitesse en ce point, l'ensemble de ces normales figurera un volume représentant exactement le débit du cours d'eau, c'est-à-dire le volume d'eau qui traverse le profil pendant une seconde.

On a vu qu'en réalité la vitesse V en chaque point est variable, même quand le niveau et la pente ne changent pas, il en résulte que la surface idéale décrite par les extrémités des normales subirait constamment une série d'ondulations : M. Harlacher admet que néanmoins le volume limité par cette surface mobile reste le même; cela ne nous paraît pas évident, et nous pensons, au contraire, que le débit peut

subir des oscillations absolument comme la vitesse en chaque point.

La définition donnée ci-dessus du débit suppose que les vitesses des divers filets sont normales au profil en travers ; or nous avons vu qu'en réalité cette hypothèse est incompatible avec l'existence des tourbillons et du mouvement oscillatoire ou pulsatoire de l'eau ; mais, ainsi que nous l'avons déjà observé, l'obliquité variable des filets ne modifie pas le débit, pourvu que l'axe du moulinet soit toujours exactement normal au profil en travers.

Fig. 10.



Ces préliminaires étant établis, le calcul du débit se fait de la manière suivante :

Le profil en travers ACB est partagé par un certain nombre de verticales suivant lesquelles on détermine la vitesse moyenne de l'eau.

Si on représente par y la longueur DC de l'une quelconque de ces verticales et par V_m la vitesse moyenne qui lui correspond, le débit élémentaire aura pour expression

$$dQ = V_m y da.$$

Au-dessus du profil en travers ACB on construit la courbe A'C'B', dont les ordonnées telles que D'C' sont les vitesses moyennes V_m suivant les diverses verticales ; Puis au moyen de cette courbe on en construit une autre AC''B, dont les ordonnées telles que DC'' sont les produits $y V_m$ ou ces produits divisés par un nombre constant a , si cela est plus commode pour le dessin de la figure.

Si on désigne par y' l'ordonnée DC'' de cette courbe, le débit élémentaire pourra se mettre sous la forme

$$dQ = y V_m dx = a \frac{y V_m}{a} dx = ay' dx,$$

et le débit total sera :

$$a \int y' dx.$$

Or l'intégrale $\int y' dx$ représente la surface de la courbe AC''B, qu'il suffira de mesurer avec le planimètre polaire (ou autrement), puis de multiplier par a , pour avoir le débit cherché suivant le profil ACB.

Le procédé de jaugeage qui vient d'être décrit repose sur la détermination de la vitesse moyenne suivant chaque verticale, et nous rappelons que cette détermination peut se faire de diverses manières, savoir :

1° En mesurant directement la vitesse en divers points de la verticale, en construisant ensuite la courbe des vitesses sur cette verticale puis en mesurant la superficie de cette courbe.

2° En employant l'intégrateur mécanique comme cela a été expliqué et en faisant une ou deux opérations suivant la verticale considérée.

3° En mesurant la vitesse en un point de la verticale placé à environ 0^m,58 de la profondeur totale ; c'est en ce point que la vitesse moyenne est sensiblement réalisée.

4° En se bornant à mesurer la vitesse à la surface au sommet de la verticale et à multiplier ensuite cette vitesse

MÉMOIRES ET DOCUMENT

oyenne suivant la verticale et :
out le profil (*fig. 11.*).

n grand cours d'eau, et surt
eut être quelquefois difficile c
idement pour que le niveau d
comme étant resté constant
posons que pendant ces opéra
ment des altitudes H_1, H_2, H_3

la surface sur laquelle on a op
tait H_1 .

urface sur laquelle on a opéré :
 H_2 , et ainsi de suite.

V_1, V_2, V_3 , les vitesses moyen
le ces surfaces et à chacune
al Q sera égal à :

$$Q = S_1V_1 + S_2V_2 + S_3V_3 \dots$$

mettra que ce débit correspo
 H calculée de la manière suiv

$$H = \frac{S_1V_1H_1 + S_2V_2H_2 + \dots}{S_1V_1 + S_2V_2 + \dots}$$

irrait commettre une erreur a
prendre

$$H' = \frac{H_1 + H_2 + \dots}{n}$$

re les changements de profon
ar le débit vers le milieu du pi
ives.

umé, on admet que la hautei
ions de le dire correspond
ent en sectionnant le profil en
ages sur l'Elbe et le Danube

constitue en quelque sorte la théorie des jaugeages suivant M. Harlacher, qui expose ensuite les applications faites par lui sur le Danube à Closternenbourg, sur le canal du Danube à Nussdorf, et sur l'Elbe à Teschen.

Sur le Danube, la largeur mesurée par une triangulation était de $440^m,11$ dans l'emplacement du profil de jaugeage. Une corde portée par 14 pontons fut tendue d'une rive à l'autre suivant ce profil; chaque ponton, monté par quatre hommes et un sous-officier, était ancré à 60 mètres en amont; la corde s'étant allongée par suite de sa tension en ligne droite, on fut obligé de corriger ses divisions qui n'étaient plus exactement placées; la profondeur maximum fut trouvée de $7^m,60$; pendant l'opération de mesurage des vitesses l'altitude de l'eau au-dessus du niveau moyen de l'Adriatique varia entre $157^m,105$ et $157^m,665$; le nombre des verticales de mesurage fut fixé à 15, leur écartement était mesuré soit directement, soit par une triangulation.

La figure 12 donne une esquisse du double ponton portant le moulinet, il était retenu par quatre ancres à l'amont

Fig. 12.

et deux à l'aval, son déplacement d'une verticale à l'autre se faisait à l'aide d'un remorqueur à vapeur.

Le tube de support du moulinet était descendu obliquement, le pied dirigé vers l'amont et maintenu par une corde

variation de la vitesse suivant une
sure la vitesse près de la surface (à
sous) et près du sol (à 0^m, 15 ou 0^m, 20
diamètre extérieur des ailes du mou-
au plus cinq points intermédiaires,
tinuité, on obtient, si on le juge
extrêmes de la courbe des vitesses,

le moulinet a subi quelque déplace-
ion quand on n'obtient pas une
pour figurer les variations de la
verticale.

vitesse en chaque point doit durer
afin d'obtenir la moyenne autour de
le continuellement.

peu important, l'appareil peut être
e fixe établie suivant le profil.

plus important il faut avoir recours
mobile que l'on peut faire mouvoir le
ersal, ou que l'on fixe de place en
nombre suffisant d'ancres, suivant
la direction du vent; mais le pro-
consiste généralement à se servir
leur pour le déplacement du double

célérer autant que possible les opé-
afin de n'avoir aucune variation de
ndant ces opérations; c'est surtout
procédé dit d'intégration, qui donne
n rapide la vitesse moyenne suivant
eux.

constances le moulinet muni d'un
électrique doit être préféré à celui
car ce dernier ne fonctionne pas
est exposé à des vitesses considé-

; en outre il échappe à la surveillance car on ne suit
e l'œil la marche du moulinet comme avec l'enregis-
électrique.

and la vitesse uniforme de descente de l'intégrateur
tenue à l'aide d'une manivelle, on n'a pas bes
monter d'abord l'appareil au-dessus de la surfa
comme cela a été expliqué précédemment, l'in
peut se faire en descendant ou en montant a
elle; on doit la répéter deux ou trois fois et pi
yenne des résultats obtenus.

r le Danube, la vitesse verticale uniforme de l'in
était d'à peu près $0^m,05$ par seconde, c'est-
on trente fois moindre que la vitesse moyen

xpérience prouve que l'intégration faite dans ce
is donne des résultats identiques à ceux qu
e en observant pendant cinq minutes en chac
3 choisis sur une verticale. Il faut en conclui
ant la descente ou la montée de l'intégrateur les
is se compensent d'un point à un autre de la ver
ont pas d'influence sensible sur la vitesse mo
au à la rencontre de cette verticale.

longueur du tube de support est détermin
que quand son extrémité inférieure touche l
extrémité supérieure s'élève de $1^m,50$ enviro
is du ponton. Le tube doit être d'autant plus rés
a profondeur et la vitesse de l'eau sont plus gra
at atteindre des profondeurs de 10 et 15 mètr
alors le composer de divers morceaux qui se v
is au bout des autres. Quand la vitesse atteint 2
t renoncer à placer le tube en le plongeant si
à la main. On est alors forcé d'amarrer son ext
eure à une chaîne tenue à l'amont et de l'en
à peu suivant une direction inclinée jusqu'à c
e le sol; on lui rend alors la position verticale

on lui adapte le moulinet, la poulie et les autres organes constituant l'appareil complet.

Mantes, le 20 septembre 1882.

NOTA. — Depuis que la précédente note a été rédigée, nous avons reçu de M. l'Ingénieur Nazzani un mémoire sur la mesure de la vitesse du Tibre (*); on retrouve dans ce mémoire quelques-uns des procédés décrits par M. Harlach, ainsi que d'autres détails intéressants sur la question des jaugeages.

TABLE DES LÉGENDES.

PLANCHE 8. — *Figure 1. — Disposition générale de l'appareil à cloche.*

- A — Tube de support.
- B — Moulinet.
- B₁ B₂ — Positions extrêmes du moulinet.
- s — Corde support passant dans l'axe du tube A et divisée en décimètres et centimètres.
- r — Poulie de renvoi de la corde s de support passant dans le tube.
- k — Pince fixant la corde s et le moulinet à une profondeur voulue.
- h — Anneau placé à portée de la main et portant la pince k.
- d — Fil conducteur simple ou double, suivant que le tube lui-même est ou n'est pas employé comme conducteur.
- b — Batterie.
- g — Cloche.
- (d₂) — Second conducteur, dans le cas où le tube est utilisé comme premier conducteur, fermant le circuit avec le fil dd₁, supposant que d est simple et que d₂ n'existe pas.

(*) *Misure di velocità nel Tevere*, memoria dell' ing. Ildebrand Nazzani, professor d'idraulica nella Scuola d'applicazione per gl' ingegneri in Roma. Tip. del genico civile, via Torre Argentina n° 17.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

v — Mire servant à viser la direction du profil en travers pour orienter le moulinet normalement à ce profil.

Figure 2. — Modification de la figure 1 en remplaçant, pour plus de facilité de manœuvre, la pince *k* par un tambour *t*; ce tambour est représenté en détail dans les fig 13 et 17; il est simplifié sur la figure 1 et les engrenages sont supprimés.

Figure 5. — Détails du moulinet et de son anneau.

*r*₁, *r*₂, *r*₃ — Rouleaux de contact entre le tube de port et l'anneau du moulinet, ces rouleaux sont pourvus de ressorts.

z — Roue dentée qui fait un tour pour 50 t du moulinet.

f — Ressort de contact pressé par une vis de la roue *z* à chacun de ses tours de manière à fermer le circuit électrique et à actionner la sonnerie *g* de la figure 4.

Figure 4. — Détails du moulinet et de son anneau.

Figure 8. — Détails du moulinet et de son anneau.

Figure 9. — Coupe du tube de support et de l'anneau du moulinet, montrant la rainure longitudinale du tube et les rouleaux ou rouleaux de contact *r*₁, *r*₂, *r*₃ de la figure 5.

Figure 10. — Coupe du bras et de l'axe portant le moulinet.

Figures 16 et 19. — Détails de l'anneau mobile portant la pince *k* de la figure 1.

Figures 13 et 17. — Tambour d'enroulement de la corde qui porte le moulinet.

Ce tambour est nécessaire pour le cas où l'on veut imprimer au moulinet une vitesse ascendante ou descendante uniforme pour déterminer directement la vitesse moyenne suivant une verticale; il peut être simplifié ou supprimé pour l'appareil à rail à cloche, qui ne donne que la vitesse en un point.

Figures 14 et 15. — Modification de l'appareil de contact de la figure 5 de manière à fermer le circuit à chaque tour du moulinet, au lieu de ne le fermer que tous les 50 tours comme sur la figure 5; cette disposition est nécessaire pour déterminer directement la vitesse moyenne.

d — Excentrique qui à chaque rotation

presser un ressort f_1 et fermer le courant.

Fig. 5, 6, 7, 11, 12, 18, 20 et 22. — *Moulinet avec roue compteur.*

Figure 5. — Cas où on se contente d'un tube de support qui n'est pas fixé au fond.

Figure 6. — Disposition générale d'un moulinet avec compteur monté sur un tube de support fixé au fond.

Ce moulinet peut être employé à intégrer la vitesse moyenne suivant une verticale en faisant descendre, puis remonter le moulinet avec une vitesse uniforme, puis en lisant sur le compteur le nombre de tours correspondant à ces deux mouvements qui se sont succédé sans interruption dans un temps connu.

Figure 11 s_1 — Corde de suspension du moulinet.

s_2 — Corde correspondant au compteur.

EF — Levier actionné par s_2 , écartant ou rapprochant l'appareil compteur de l'engrenage qui le relie au moulinet.

PLANCHE 9. — *Dispositions spéciales du moulinet intégrateur pour de grandes profondeurs et de grandes vitesses.*

Figure 1. — Disposition générale du moulinet intégrateur.

C — Câble de suspension en fils de cuivre servant de conducteurs, le tube formant le second conducteur; de cette manière les fils conducteurs ne sont pas exposés au courant et ne peuvent gêner le mouvement vertical uniforme du moulinet, comme dans la figure 1 de la planche 1.

Figure 2. — Coupe du tube de support.

Figures 3, 4, 5. — Détails du moulinet.

b_{11} (fig. 3). — Excentrique qui à chaque rotation presse le ressort b_{12} .

b_{13} — Vis de calage destinée à adoucir le contact du ressort b_{12} , afin de ne pas gêner le mouvement de rotation du moulinet.

b_{14} — Vis touchée par le ressort b_{12} et communiquant par un fil de fer avec le câble c de suspension.

Figures 8 et 9. — Indicateur automatique établissant un courant continu dès que le disque touche fond, et empêchant par conséquent

d'enregistrer les rotations à partir de ce moment.

Figures 3 et 5. — Détails du tambour d'enroulement du câble *c* avec pendule et régulateur à ailes pour uniformiser la vitesse verticale.

*e*₇ — Levier d'arrêt pour arrêter la *c* brusquement à volonté.

Figures 10, 11, 12, 13. — Disposition des contacts pour enr la vitesse de rotation.

Figures 14 et 15. — Tambour simplifié permettant l'int dans les deux sens, et que l'on a à tourner uniformément à la raison de un tour par seconde.

N° 13

NOTICE

SUR

UN NOUVEAU SYSTÈME DE ROUE HYDRAULIQUE EN DESSUS
A MOUVEMENT DIRECTET SUR SON APPLICATION PARTICULIÈRE AUX DISTRIBUTIONS
D'EAU DES VILLES DE CETTE ET DE BÉZIERS (*)

Par M. DUPONCHEL, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Les machines à vapeur rendent à l'industrie des services que je suis loin de méconnaître ; mais peut-être en a-t-on exagéré l'importance exclusive. Par la facilité avec laquelle on peut accroître à volonté leur puissance, les établir en tous lieux, à l'état de machines fixes d'un emploi discontinu, et les adapter aux besoins de la locomotion, elles présentent des avantages incomparablement supérieurs à ceux de tous les autres moteurs. Mais lorsqu'il s'agit de développer sur place une action mécanique continue, d'une très grande puissance, les machines à vapeur, à raison de leur dépense en combustible sont infiniment moins avantageuses que les machines hydrauliques, et ces dernières devraient être préférées toutes les fois qu'il serait possible d'y recourir. A puissance égale, en effet, les machines à vapeur coûtent beaucoup plus que les machines hydrauliques en frais de premier établissement et surtout d'entretien ; mais par-

(*) Voir les planches 10 et 11.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

us tout, elles exigent une consommation de charbon pour les meilleures machines industrielles d'un emploi ant, ne va guère au-dessous de 2 à 3 kilogrammes par e, soit près de vingt tonnes par an pour une force inue d'un cheval-vapeur. On ne saurait donc estimer ins de 500 francs par an la valeur intrinsèque ^{ann} de cheval d'une chute d'eau permanente, dont rait utiliser toute l'action mécanique.

est aisé de voir que, évaluées sur une telle base, ations les plus coûteuses pourraient avoir, au poin de l'adaptation industrielle, une valeur égale et pa supérieure à celle qui résulte des emplois agric lesquels elles ont été plus spécialement établies. Ai citer un exemple, la branche mère du canal de B e, arrivée en vue de la mer, sur les collines qui en la ville, avec son débit de 10 mètres cubes à la e et une altitude de 150 mètres, représente une fi e disponible de 20 000 chevaux. Utilisée sur place récepteurs hydrauliques convenables, elle pourrait ment produire une puissance nette de 60 p. 100, 20 chevaux de force utilisée, représentant, au j at du combustible, une valeur intrinsèque annuelle llions de francs, quatre fois supérieure au revenu t anal qui, tous services compris, ne rapporte pas plus de 1 500 000 francs.

plus forte raison pourrait-il en être de même pour ation qui, n'ayant plus exclusivement à desservir le ville et sa banlieue, où presque toutes les eaux p recevoir un usage de luxe, serait affectée à des local cond ordre, ou pis encore, à des exploitations pt rurales.

valeur de la force motrice utilisée pourrait se trou ce cas égale et parfois supérieure à ce rendem ole. Les deux services ne s'excluraient pas d'aillet urraient au contraire s'entr'aider réciproquement

l'on conçoit que telle entreprise de ce genre, devant laquelle il serait sage de reculer si elle n'avait qu'une affectation spéciale à un seul service d'intérêt public, pût devenir réalisable et rémunératrice, si on l'adaptait à la fois à la satisfaction de tous les usages industriels ou agricoles qu'elle pourrait recevoir.

J'ai déjà traité ailleurs, et j'aurai probablement à y revenir, cette question des usages multiples, en vue desquels me paraîtraient devoir être combinées les grandes dérivations d'eau courante. Ce n'est pas le lieu d'insister sur ces considérations théoriques, dans un recueil qui n'admet guère que l'exposé de faits purement pratiques. Ce préambule n'a donc d'autre objet que de justifier le but essentiel de cette notice ; je me propose moins, en effet, d'y rappeler l'importance, à mon avis trop négligée, des moteurs hydrauliques en général, que de signaler les avantages pratiques d'une disposition particulière que j'ai appliquée à la construction des roues à augets, ou roues en dessus.

J'ai cru devoir toutefois profiter de cette occasion, qui ne se représentera peut-être plus, pour entrer dans quelques détails techniques sur l'entreprise de la distribution des eaux de Cette, au sujet de laquelle j'ai eu à m'occuper accessoirement de cette question spéciale de mécanique industrielle. Ce n'est pas que les travaux dont je vais essayer de rendre compte aient eu en eux-mêmes rien de bien remarquable, et qu'il ne soit pas facile de trouver ailleurs, dans les descriptions d'ouvrages plus récents, des types très supérieurs à ceux que je pourrai produire. Mais par cela même que les travaux dont j'ai à parler remontent à une époque déjà reculée, ils ont été sanctionnés par l'épreuve du temps. Il me sera dès lors permis de présenter comme positives et vérifiées par l'expérience, quelques assertions théoriques qui pouvaient paraître douteuses ou controversables, quand je les formulai pour la première fois.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

Étude qui va suivre se divise donc en deux parties distinctes comprenant : l'une, quelques renseignements techniques sur la distribution des eaux de Cette ; l'autre, quelques considérations générales sur le rendement des mines hydrauliques et des détails plus particuliers sur le nouveau système de roue en dessus surtout pour but de recommander l'emploi.

1. — *Description des travaux de la distribution des eaux de Cette.*

La ville de Cette est adossée au versant oriental du Languedoc, véritable île rocheuse, enchassée dans l'estuaire sablonneux qui sépare la Méditerranée des lagunes du Languedoc.

Cette ne dispose d'aucune ressource naturelle en eau potable. Quelques maisons particulières étaient asservies, il y a vingt ans, par un petit nombre de citernes, l'approvisionnement fort incertain sous un climat très chaud, mais la majeure partie de l'alimentation provenait de la vente au détail d'une eau magnésienne, de mauvaise qualité, qu'on allait chercher avec des tonneaux à des puits de terre ferme, à une distance de plusieurs centaines de mètres.

Les relevés officiels constataient à cette époque que la consommation journalière, à peu près égale à ce qu'il faut pour l'équipage rationné d'un navire en mer, ne dépassait pas 10 litres par tête d'habitant.

Une telle situation était intolérable pour une ville qui comptait déjà plus de 20 000 âmes ; et depuis longtemps les administrations locales se préoccupaient d'y remédier.

Entre les diverses combinaisons proposées, la plus simple et la plus naturelle, consistait dans l'adduction de la source de Sanka qui naissait sur le bord de la petite rivière

Vène, à une distance de 10 kilomètres. Les eaux de l'Issanka étaient d'une excellente qualité, parfaitement limpides, relativement fraîches.

La hauteur de la source (*10 mètres environ au-dessus du niveau de la mer*) n'était pas sans doute suffisante pour qu'on pût la dériver et surtout l'utiliser par sa pente naturelle. Il était donc nécessaire de recourir à des machines élévatoires ; mais le même inconvénient se présentait pour tous les projets concurrents.

Une seule considération faisait hésiter le conseil municipal : la crainte de ne pas avoir un approvisionnement assuré par une source dont le débit, très variable, diminuait beaucoup tous les étés, et qui, même si l'on devait s'en rapporter aux renseignements locaux, aurait complètement tari dans les années de grande sécheresse.

Un examen attentif de la question me fit reconnaître que ces craintes n'avaient rien de fondé, et me permit de rassurer complètement les intéressés.

La source de l'Issanka était captée dans un petit bassin en maçonnerie, dont le déversoir, qui servait à en faire le jaugeage, se trouvait à un mètre environ au-dessus du bief très voisin de la rivière de Vène, tendue elle-même à un niveau constant, par le barrage de retenue du moulin de Roucayrols, qui se trouvait à 500 mètres en aval.

Or, il était facile de reconnaître que cette source principale et extérieure, la seule à laquelle on eût prêté attention, n'était que le trop plein d'une nappe d'eau plus considérable qui se faisait jour, soit dans les profondeurs du bief, soit dans les prairies riveraines, par d'autres sources dont les variations de débit devaient être dans leur ensemble infiniment moindres que celles de l'évent supérieur, dont l'écoulement pouvait jusqu'à un certain point s'arrêter sans que celui des orifices supérieurs fût notablement réduit.

Cette appréciation était parfaitement confirmée et vérifiée

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

l'ensemble de tous les renseignements recueillis. D'une part, on savait en effet que tous les ans, à l'époque de la crue, le lit de la Vène se trouvait complètement à sec en amont de la retenue du moulin, et que le bief ne pouvait être alimenté en ce moment que par ses propres sources et les jointes à l'Issanka.

Les enquêtes s'accordaient à établir que pendant les grandes sécheresses, alors même que la source principale de l'Issanka avait complètement tari, le moulin n'avait jamais complètement cessé de fonctionner par de rares éclusées.

Le moteur de ce moulin étant d'ailleurs une roue en bois dont le niveau d'adduction différait peu de la crête du barrage; on devait en conclure que le plan d'eau de la Vène ne s'était jamais abaissé au-dessous de ce niveau. En tenant compte du débit des éclusées dont avait pu passer le meunier, on pouvait donc avoir la certitude que dans les plus grandes sécheresses, le débit des sources et des jointes réunies avait dû tout au moins compenser les énormes pertes d'eau qui en tout temps s'échappaient à travers les mauvaises maçonneries de parement, soit au-dessous les fondations du barrage; pertes qui constituaient à l'aval un filet d'eau permanent dans lequel toutes les populations des villages voisins venaient laver leur linge; dont le débit sensiblement constant et facile à jaugeer était guère inférieur à 100 litres par seconde, soit 900000 litres cubes d'eau en vingt-quatre heures.

Il y avait donc là un minimum de débit parfaitement assuré, à la condition d'opérer la dérivation, en temps de crue ou de sécheresse, au niveau du bief inférieur, sans qu'il y eût même nécessaire de perdre la hauteur de chute existant entre les deux biefs, en temps de débit normal.

On pouvait en effet placer une conduite de puisage dans le bief supérieur, et pourvu que son orifice d'aspiration se trouvât au-dessous du bief inférieur, on avait la certitude d'attirer à soi toute l'eau disponible; les filtrations à travers

le barrage devant s'arrêter d'elles-mêmes, à mesure que le niveau de l'approvisionnement s'abaisserait dans le bief.

Cette disposition n'avait pas seulement pour but d'utiliser la hauteur naturelle de la retenue ; elle avait en outre l'avantage de ne rien changer, sans une nécessité absolue, à la situation des populations rurales, qui en cas de surabondance pourraient continuer à utiliser le trop plein des eaux pour leurs usages domestiques.

La retenue du moulin de Roucayrols devant être conservée en principe, il n'en était pas moins nécessaire de se ménager le moyen de ne jamais prendre que des eaux de source vierges de tout mélange avec les eaux stagnantes du bief. A cet effet on a construit une galerie de captage, en maçonnerie, qui, partant d'un petit réservoir accolé dans la culée droite du barrage, a été continuée en remontant la rive jusqu'à la rencontre du bassin de la source principale de l'Issanka, le radier de cette galerie étant maintenu au-dessous du niveau du bief inférieur.

Plusieurs sources importantes, dont les unes avaient issue directe dans la rivière, dont les autres bouillonnaient, comme l'Issanka, dans des mares naturelles existant dans les prairies riveraines, ont été captées en route par des galeries transversales, débouchant dans l'artère maîtresse. On a toutefois établi aux points de branchement, des clapets à charnière s'ouvrant en dedans de la galerie, de telle sorte que les sources secondaires, et accessoirement les eaux du bief lui-même, ne pénétrassent dans cette galerie que lorsqu'elles devraient suppléer à l'insuffisance accidentelle de la source principale, qui en temps normal devait seule fournir l'approvisionnement.

Les travaux de captage projetés, tels que je viens de les indiquer comme exécutés, nous avons à nous demander quel serait le meilleur système à adopter pour l'adduction des eaux.

J'ai étudié et présenté à cet effet, à l'état d'avant-projets,

is combinaisons différentes. Dans la première, qui a été adoptée, les machines élévatoires devaient se trouver à la source même et les eaux refoulées jusqu'au lieu d'emploi dans des conduites fermées. Dans les deux autres systèmes, les machines devaient se trouver à Cette, où les eaux, prises à la sortie de la galerie de captage, auraient été amenées par la vertu de leur pente naturelle, soit par un siphon continu sous pression, soit par une conduite mixte formée d'un aqueduc à air libre en terre ferme et d'un siphon métallique traversant des étangs, en avant de Cette.

De ces trois combinaisons, je crus d'abord devoir exclure la dernière, à raison de la nature des eaux de l'Issanka, qui, comme toutes celles qui proviennent des terrains calcaires, contiennent en proportion notable du carbonate de chaux tenu en dissolution par un excès d'acide carbonique.

On sait en effet que la lente évaporation de cet acide au contact de l'air détermine la précipitation graduelle du calcaire, qui ne tarde pas à tuffer les aqueducs et les conduites de leur font suite. J'avais sous les yeux l'exemple des eaux de Montpellier amenées par un aqueduc à air libre, d'une longueur d'une dizaine de kilomètres, dans lequel les dépôts commencent à former dès le sixième kilomètre et se continuent dans toutes les conduites du réseau de distribution. Je devais donc tant plus me préoccuper de cet inconvénient que l'analyse chimique avait indiquée une identité complète entre les eaux de l'Issanka et celles de Montpellier prises à leur source.

Je pensai qu'on pourrait remédier au mal en supprimant sa cause essentielle : en s'imposant l'obligation de maintenir les eaux de Cette dans des conduites fermées sous pression, avec le moins de contact possible à l'air libre. J'avais pour moi l'induction de la théorie ; contre moi je n'osais l'avouer, l'opinion de la seule autorité scientifique on pût consulter à cette époque, l'ouvrage de Genieys, s'étant posé la même question, avait cru pouvoir affir-

mer que la précaution à laquelle j'avais songé était inefficace. Les raisons données à cet égard ne me paraissaient pourtant pas suffisamment probantes, et je me résolus à tenter l'expérience et à exclure tout aqueduc à air libre des conduites d'amenée.

Restait donc à opter entre l'établissement des machines à la source ou à Cette ; et ce n'est pas sans quelque hésitation que je pris un parti à cet égard.

L'adduction de l'eau par siphon direct, à la condition de lui donner un grand diamètre (j'avais proposé 0^m,60), aurait permis d'amener au besoin toutes les eaux de la source à la ville même, avec le minimum possible de déperdition de charge, ce qui aurait peut-être permis d'en utiliser une partie à leur hauteur naturelle, pour le service des quartiers bas. En outre, le service des machines placées dans la ville, aurait pu être plus aisément dirigé et surveillé.

En revanche, me trouvant très limité par les ressources financières de la commune, je ne pouvais projeter une conduite de grand diamètre que dans des conditions très économiques, en ciment par exemple, mode de construction que son peu de charge justifiait sans doute, mais qui à cette époque n'avait pas été sanctionné par l'expérience.

En plaçant les machines élévatoires à la source, nous avions en outre l'avantage de pouvoir poser les conduites de refoulement sous la route, sans aucune expropriation ou achat de terrain, et je prévoyais enfin la possibilité d'utiliser prochainement la force motrice intermittente du moulin que la ville venait d'acquérir.

Ces diverses considérations déterminèrent mon choix et celui de l'administration locale, pour cette dernière combinaison.

Un siphon en tuyaux de fonte posé dans le lit de la rivière ramène sur sa rive gauche les eaux de la galerie de drainage. Des pompes mues par une double machine à vapeur les refoulent dans une conduite également en fonte.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

se poursuit jusqu'à Cette en suivant toujours le t
voie publique.

La première section de refoulement proprement
diamètre de 0^m,325, s'élève d'abord en rampe à
continue, d'une longueur de 3 kilomètres, sur un
culminant où elle communique par un branchem
le droit avec le fond d'un premier réservoir régula
200 mètres, dont le niveau de remplissage peut vi
cote 40 à 45 mètres au-dessus du niveau d

La conduite d'amenée, d'un diamètre de 0^m,30 seulem
poursuit en prolongement de celle de refoulement pa
on de 8 kilomètres de longueur qui, traversant la
sa plus grande étendue et servant d'artère princ
distribution intérieure, vient déboucher au fond
nd réservoir de 3 000 mètres cubes adossé à la r
e, dont le niveau de remplissage peut varier de la
35 mètres.

La différence de radier à radier n'étant que de 10 m
e les deux réservoirs, la charge réelle en vertu de
le fonctionne la conduite d'amenée paraîtrait ne
varier que de 5 à 15 mètres suivant l'état de rem
relatif des deux réservoirs. C'est ainsi que les cl
assent de nuit, quand la consommation est peu a
le le réservoir de Cette peut se remplir. Mais da
née, les deux réservoirs se vidant à la fois, chacun
ouve desservir en réalité une zone différente, et la cl
ertu de laquelle s'opère la vidange du premier r
peut notablement s'accroître. En fait, le diamètre
uite n'ayant été calculé que pour un débit unifor
nulier de 2 500 mètres cubes, qui paraissait large
sant pour tous les services à l'origine, la distrib
a pas moins marché convenablement pour toute
ences d'une consommation irrégulière, pouvant atte
omme 3 500 mètres cubes en vingt-quatre heures

Dans ces derniers temps on est même allé au delà ; mais dans ces conditions excessives l'égale répartition n'a plus été assurée. La ville basse, desservie la première, attirant à elle non seulement les eaux du premier réservoir, mais celles du second, les quartiers hauts ont cessé d'être desservis, bien que les orifices d'écoulement des fontaines et prises d'eau, y soient à un niveau notablement inférieur à celui de la réserve variable existant dans ce second réservoir.

Les machines élévatoires et la conduite de refoulement peuvent, à la rigueur, suffire encore aux exigences sans cesse croissantes de la consommation ; mais pour assurer l'adduction de l'eau avec une pression suffisante, il sera indispensable d'établir une conduite supplémentaire de communication entre les deux réservoirs ; et c'est ce dont s'occupe en ce moment l'administration municipale.

Je ne crois pas nécessaire d'entrer dans des détails sur les machines élévatoires et les autres travaux que je viens d'énumérer. Très simples, comme on le voit, dans leur principe, ils n'ont présenté aucune particularité remarquable, sauf peut-être l'établissement des siphons métalliques qui ont servi à la traversée des principaux canaux du port de Cette, tant sur l'artère principale que sur les conduites secondaires de la distribution. Les siphons ont tous été construits et immergés d'une seule pièce. Le premier posé avait été établi à part, en tôle rivée, et amené comme flotteur jusqu'au lieu d'emploi. Les autres, et dans le nombre le plus important, qui a plus de 40 mètres de longueur horizontale, avec une flèche verticale de 9 mètres, ont été édifiés sur place avec des tuyaux ordinaires, à emboîtement, ajustés sur un radeau et lentement immergés dans la fouille destinée à les recevoir. Une fois en place leurs joints ont été revus et matés au scaphandre et les siphons soumis à l'épreuve de la presse hydraulique, avant de recevoir la double enveloppe de mastic bitumeux et de béton destinée

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

er contre l'action oxydante de l'eau de mer. ce a complètement confirmé mes prévisions sur es mesures que j'avais adoptées pour prévenir

es de vingt ans que les conduites fonctionnent is eu à constater la moindre trace de dépôt de une d'elles. L'eau fournie par la distribution se pide, sans altérer la transparence des carafes, it celle de Montpellier.

des mesures adoptées peut donc être consi- e un fait acquis, et cela d'autant plus que, bien ées sur tout le trajet dans des conduites fer- ix n'en restent pas moins partiellement expo- ct de l'air à la surface des deux réservoirs.

fait d'expérience que je ne crois pas inutile st relatif à la question de l'air qui pourrait ac- nt s'accumuler dans certaines parties des con- is cru devoir prendre quelques précautions à cet égard dans une partie du grand siphon ux réservoirs qui, à la traversée de la plage et sur une longueur de 4 ou 5 kilomètres, est posé ment d'une route parfaitement horizontale à auteur au-dessus de la mer et des infiltrations ans ces conditions, il n'était évidemment pas lonner à la conduite une pente continue, appr- un sens ou dans l'autre; et il était à craindre fait de la pose et des tassements inégaux du produisit une série d'ondulations qui en accu- dégagé dans leurs parties hautes auraient pu lement de l'eau. J'avais d'autant plus d'appré- et égard que le refoulement de l'eau étant ré- lépart par le jeu d'un réservoir d'air comprimé, sumer que cette eau serait exceptionnellement az.

e prévision je crus utile d'accentuer artificielle-

ment les ondulations qu'il était impossible d'éviter dans la conduite, en substituant au profil horizontal, une série de lignes brisées présentant une succession de pentes et contre-pentes, aux divers sommets desquelles je ménageai une tubulure munie d'un robinet de vidange, que l'on pouvait manœuvrer à la main, pour assurer le dégagement de l'air, et auquel on aurait au besoin donné un écoulement continu par une borne-fontaine si la chose avait été reconnue nécessaire.

Cette précaution s'est en fait trouvée complètement inutile. Non seulement il ne se produit jamais de dégagement d'air dans la partie basse des siphons pendant le fonctionnement continu de la conduite; mais la pression de l'eau suffit même pour dissoudre l'air existant dans les renflements des tuyaux pendant le remplissage. Cependant, comme je m'y attendais, l'eau dissout au départ une quantité de gaz considérable au contact du réservoir d'air comprimé dont il faut fréquemment renouveler la charge. La présence de cet air accumulé se manifeste même à l'arrivée par un phénomène que je n'avais pas remarqué ailleurs. L'eau qu'on vient de puiser à un robinet de distribution, d'apparence très limpide au moment où on la reçoit dans une carafe, perd tout d'un coup sa transparence par le fait du dégagement d'une infinité de petites bulles d'air produisant l'effet d'un trouble nuageux qui se dissipe peu à peu.

De ce fait on peut conclure que dans toutes les parties d'un siphon où l'eau est soumise à une pression égale ou supérieure à celle qu'elle avait au départ, il n'y a point à se préoccuper de la possibilité d'accumulation de l'air dans les renflements de la conduite. Loin de dégager les gaz qu'elle peut contenir en dissolution, l'eau dissoudra rapidement ceux avec lesquels elle se trouvera en contact. Toute ventouse sera donc inutile dans ce cas.

Il en sera tout autrement au contraire, si le renflement

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

nduite correspond à une pression moind point de départ. J'en ai eu la preuve d'ance que je ne crois pas inutile de rappeler déjà dit que le premier réservoir se trouve d'un plateau culminant, à partir duquel la conduite ascendante, commence à descendre vers le réservoir servant en réalité de ventouse; le réservoir pourrait se dégager, en même temps la réserve dont le niveau s'élève ou s'abaisse, la consommation est inférieure ou supérieure aux machines.

La conduite qui suit la conduite se trouve sensiblement sur une longueur d'un kilomètre au-dessus du réservoir, après quoi elle redescend brusquement avec une pente de 0^m,03 au moins.

Il faut à prévoir, et cette fois non sans raison, qu'une accumulation d'air devrait se produire au point culminant, tant par le fait de diminution de la vitesse de l'air en temps de marche normale, que par le fait de la totalité de l'air compris dans le tuyau au moment du remplissage.

Pour éviter ces inconvénients et assurer en tout cas le fonctionnement du siphon en tout état de la conduite, je pensai qu'il serait utile de faire une conduite longitudinale au départ du réservoir, et de faire connaître le profil de manière à déterminer, au lieu de la pente descendante, un point haut artificiel duquel j'adaptai une ventouse à air libre. Un simple tuyau de fonte vertical s'élevant à une hauteur au-dessus de celle du réservoir. Je crus toutefois de ne pas négliger la possibilité de fermer cette ventouse en cas d'expériences qu'il avait été question de faire. Je fis donc l'eau directement dans Cette à une hauteur au-dessus de celle du réservoir. A cette intention je fis installer un robinet à la ventouse; étant bien enten

devrait toujours rester ouvert, ou du moins n'être jamais fermé que sur mon ordre exprès. L'appareil ainsi disposé se comporta de la manière la plus satisfaisante. L'énorme quantité d'air qui se dégageait par la ventouse au moment du remplissage, en démontrait à la fois l'utilité et l'efficacité, et l'on put d'ailleurs constater que le siphon fonctionnait avec une parfaite régularité, vidant au besoin le réservoir jusqu'à sa dernière goutte.

Les choses marchaient ainsi depuis longtemps, un an peut-être, lorsqu'un jour je fus prévenu que le débit de la conduite d'amenée avait brusquement diminué et allait toujours s'amointrissant sans qu'on pût s'en expliquer la raison. Je me rendis immédiatement sur les lieux, où je ne pus d'abord que constater le fait sans en découvrir la cause. Je pensais bien à la ventouse supérieure, mais comme le robinet n'en avait jamais été fermé, je dus tenir pour exacte l'assertion du fontainier qui m'affirmait n'y avoir pas touché. Un moment je pensais à une obstruction accidentelle, et vainement je m'efforçais d'en deviner la nature et d'en trouver l'emplacement.

Une chasse énergique dans laquelle j'avais vidé le réservoir de Cette n'eut d'autre résultat que de rendre plus complète l'obstruction apparente de la branche opposée, qui ne fournissait plus d'eau, bien que le réservoir du sommet fût plein à déverser.

En attendant, la nuit était venue, et je ne savais plus à quel parti me résoudre pour empêcher la ville d'être privée d'eau le lendemain, quand je me décidai, de guerre lasse, à envoyer un agent spécial vérifier la ventouse supérieure. En dépit de l'assertion contraire du fontainier, le robinet s'en trouvait bel et bien fermé, et il suffit de le rouvrir pour rétablir instantanément le service du réservoir dans toute sa régularité.

Tels sont les faits pratiques les plus saillants concernant la distribution des eaux de Cette qu'il m'a paru utile de

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

nt d'aborder la question importante des r
liques.

DÉTERMINATIONS GÉNÉRALES SUR LES DIVERS SYSTÈ DE ROUES HYDRAULIQUES USITÉES.

notrices peuvent agir de deux manières di
es moteurs hydrauliques, par leur poids, ou
acquise.

emier cas, si P est le poids de l'eau déb
 H la hauteur de chute, le travail utilisé T_u :
nt égal à

$$T_u = PH, \quad ($$

aite des frottements et des pertes d'eau.
cond cas, si V est la vitesse d'introduction
roue provenant d'une hauteur de cha
travail utilisé sera égal à

$$T_u = \frac{P}{g} (V - v)v,$$

ans laquelle, $\frac{P}{g} = m$ représente la masse
t par seconde, $V - v$ la vitesse relative
e masse m agit sur la roue, v l'espace
point d'application de la force $m (V - v)$.
utilisé variera suivant les rapports de V e
plus grande valeur correspondra à $dT_u =$
 $= 0$,

$$T_u = \frac{PV^2}{4g} = \frac{PH}{2}. \quad ($$

c, le travail utilisé sera théoriquement éga
ur pour les roues dans lesquelles l'eau n

que par sa pesanteur, que j'appellerai *roues à poids* ; il ne peut être supérieur à la moitié de ce travail moteur dans les *roues à choc*, où l'eau agit exclusivement par sa vitesse.

Les roues volantes dont les aubes plongent dans un courant indéfini, et les rouets à axe vertical, peuvent être considérés comme des types complets de roues à choc.

Je n'insisterai pas sur les premières qui, ne pouvant s'appliquer que dans quelques cas particuliers, exigent de très grandes dimensions pour ne produire qu'une puissance minime.

Les rouets à axe vertical sont d'un usage plus général. Malgré l'infériorité de leur rendement réel qui reste toujours bien au-dessous du rendement théorique de 50 p. 100, ces roues peuvent être employées avec avantage, quand on dispose d'une force motrice surabondante et d'une grande hauteur de chute.

On doit remarquer d'ailleurs que l'effet utile des roues à choc se maintient assez près du maximum théorique, bien que les vitesses V et v varient dans des limites assez étendues ; car si l'on considère les deux facteurs $(V-v)$ et v comme les deux segments d'un même diamètre horizontal V , on voit que le produit représenté par le carré de la perpendiculaire verticale reste sensiblement égal à $\frac{V^2}{4}$, bien que le point de division des deux segments s'écarte notablement du centre de la circonférence.

A part ce double avantage, de pouvoir utiliser de grandes hauteurs de chute et de se prêter à une très grande variation de vitesse, tant de la roue que de l'eau motrice, les rouets ont le mérite d'être peu volumineux, d'une installation facile et peu coûteuse, et de s'adapter à une transmission directe du mouvement aux meules des moulins à blé, dans lesquels ils sont surtout utilisés.

En dehors toutefois de ces circonstances particulières qui

l'emploi des rouets primitifs
vertical qui en sont un perfectionnement
tout avantage à employer
agit surtout par son poids,
réaliser cette condition d'équilibre
roue à poids, en effet, il
ion de travail provenant si
vitesse que l'eau doit acquiesce
qu'elle conserve à sa sortie
toujours H la hauteur de
niveau supérieur, où l'eau est
niveau inférieur, nous pourrions décom-
poser, dont l'une h corres-
pondant laquelle l'eau n'agira
et h' représentera la char-
ge, la vitesse d'introduction

de manière générale

$$P = P \left(h + \frac{(V-v)^2}{2g} \right).$$

Après que l'eau, une fois sur le
niveau du bief inférieur, o-
u aura $H = h - h'$, et l'expres-

$$P = P \left(H - h' + \frac{v^2}{2g} \right).$$

Si on met cette expression pour une vitesse
tenu en égalant à zéro la dérivée
qui nous donnera l'équation

$$\frac{v}{2g} = 0 \quad \text{d'où} \quad v = \sqrt{2gh}$$

$$P(H - h') = P \left(H - \frac{v^2}{2g} \right).$$

Le travail théorique ne sera donc jamais rigoureusement égal au travail moteur. Il en différera d'autant moins que la vitesse de la roue sera plus faible. En d'autres termes, le maximum correspondra au cas où l'eau arrivera sur la roue avec une vitesse égale à celle de cette roue, relativement nulle, par suite sans choc. La déperdition de travail théorique proviendra donc exclusivement de celui qui est nécessaire pour imprimer à l'eau cette vitesse d'introduction; et encore peut-on parfois restituer au moteur une partie de la force perdue, en utilisant le ressaut dans les roues de côté à grande vitesse.

Bien qu'il ne soit pas rigoureusement possible de trouver une combinaison qui permette d'annuler la vitesse d'introduction, qui doit être au moins égale à celle de la roue, et qu'il y ait toujours une déperdition de travail théorique dans les roues à poids, on voit que cette déperdition peut être très faible, et l'expression (5) nous indique qu'elle le sera d'autant plus que la vitesse d'introduction ne dépassera pas celle de la roue.

Ce principe a été très heureusement appliqué dans la roue Sagebien, d'invention récente et qui fonctionne d'une manière satisfaisante dans un grand nombre d'usines.

Mais les conditions de marche de cette roue exigeant de lui donner une hauteur d'aube égale ou supérieure à celle de la chute totale, ses dimensions doivent être très considérables et l'on ne saurait pratiquement l'appliquer pour des hauteurs de chute dépassant 1 mètre, ou 1^m,50 au maximum.

Pour toutes les hauteurs de chute supérieures, on est donc obligé de recourir aux roues de côté, et, lorsque la hauteur de chute le permet, aux roues en dessus. Ces dernières roues sont, en effet, celles qui paraissent le plus se rapprocher des conditions du maximum de rendement, mais elles ne peuvent guère s'appliquer à des hauteurs de chute de moins de 3 mètres; et de plus, dans les conditions actuelles de leur établissement, elles sont soumises au double

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

venient, d'avoir un mouvement inverse et pas de plonger dans le bief inférieur vers une partie de l'eau contenue dans le bief, aient atteint le bas de leur course.

Pour obvier au premier inconvénient on a tenu le dessous de la roue au-dessus des moyennes du bief inférieur, ce qui permet une fraction de chute notable en temps d'étiage sans la roue d'être arrêtée par le patouillage, les forces sont fortes.

Pour remédier au déversement on est obligé de limiter des augets, de ne les remplir qu'à moitié, ce qui diminue beaucoup la vitesse de rotation, ce qui fait que les bonnes roues en dessus de débiter plus d'eau par mètre de largeur.

ROUE DE CETTE.

Voici les inconvénients généraux des roues hydrauliques usitées dont j'eus à me préoccuper à rétablir le moteur hydraulique de Cette, acheté par la ville de Cette, pour remplacer les machines à vapeur déjà construites. La force hydraulique est, je l'ai déjà dit, très faible.

Elle est à près nulle quand le bief n'est alimenté que par les sources de l'Issanka en temps de sécheresse, pendant la période qui suit la saison des pluies. Elle-même un débit très variable sans qu'on puisse en temps moyen, peut être considéré comme variant entre 6 et 800 litres pendant près de 24 heures. L'utilisation de cette force me paraissait dérisoire, moins encore peut-être par l'économie de combustible qu'elle réaliserait, qu'elle ne donnerait de mettre au moins une machine à vapeur en chômage pendant tout le temps

aux réparations majeures qu'elles devraient forcément nécessiter de temps à autre. Ces considérations avaient beaucoup contribué à fixer ma détermination quant à l'installation des machines élévatoires à la source même. Elles ne parurent pourtant pas convaincantes à l'unanimité du conseil municipal, dont quelques membres partageaient ce préjugé, commun du reste à bien des personnes plus éclairées, qui s'obstinent à considérer les machines hydrauliques comme des moteurs démodés ne pouvant rivaliser en aucun cas avec les machines à vapeur.

Je trouvais donc peu d'empressement à apprécier les avantages du travail complémentaire que je proposais, et pour le faire accepter je dus chercher à restreindre le plus possible le chiffre des dépenses, en m'imposant l'obligation de conserver toutes les constructions du moulin existant ; me bornant à utiliser, sinon l'ancien moteur en bois, qui était hors de service, tout au moins la halle qui le contenait et jusqu'à un certain point son coursier. Ce moteur était une roue en dessus de 3^m,20 de largeur entre les couronnes, qui pouvait au maximum utiliser 400 litres d'eau par seconde avec une chute de 2^m,80 et un rendement de 60 p. 100, représentant une force effective de 8 chevaux environ, qui suffisait à la marche de deux paires de meules de force moyenne existant dans le moulin, mais qui était inférieure à la moitié de la force utile produite par les deux machines à vapeur.

Je me préoccupai donc d'accroître cette force par tous les moyens possibles, et en premier lieu en augmentant le volume d'eau consommé, sans avoir à élargir le coursier de la roue, ce que l'exiguïté du local dont je disposais ne pouvait me permettre. Pour obtenir ce résultat, je songai de prime abord à accompagner la roue à l'aval et jusqu'au bas de sa course par un coursier métallique s'opposant au déversement de l'eau par les augets. Mais lorsque je voulus chercher dans ce système le moyen d'assujettir soli-

dement la base de ce coursier, sans obstruer le fuyant de la roue, je fus naturellement amené par la disposition des lieux à réaliser une amélioration bien autrement importante, et cependant si simple dans son principe, qu'il est étonnant qu'on n'y ait pas eu recours plus tôt.

Comme on le voit à l'examen du plan, la roue primitive que la nouvelle a remplacée n'avait pas été établie, par son constructeur, dans le sens général des canaux d'amenée et de fuite, mais normalement à leur direction commune.

Cette disposition peu habituelle nous suggéra naturellement l'idée, je suis heureux d'en rendre en partie le mérite à mon collaborateur, M. le conducteur Valez, de faire subir au canal de fuite la même déviation qui avait été donnée au canal d'amenée, en le faisant passer sous ce dernier, pour ressortir sur la façade latérale du moulin, au delà de laquelle il se coude à angle droit pour reprendre sa direction naturelle, parallèlement à l'écoulement général de la vallée.

Cette disposition si simple n'avait pas seulement pour résultat de me donner toute facilité pour établir un coursier accompagnant la roue au plus bas de sa course, puisqu'il pouvait se prolonger jusqu'à l'aplomb de l'arbre ; mais, ce qui était beaucoup plus important, elle substituait le mouvement direct dans le sens du courant, au mouvement inverse des roues ordinaires, ce qui permettait par suite d'établir une roue plongeante, utilisant en tout temps la hauteur réelle de la chute variable, sans aucune déperdition, pouvant même continuer à fonctionner, bien que noyée, en temps de crue.

Cette heureuse disposition faisant disparaître à la fois tous les inconvénients reprochés au système habituel des roues en dessus, me laissait entrevoir la possibilité, qui s'est réalisée, de doubler et au delà la puissance de la roue que je voulais remplacer, sans augmenter ses dimensions en largeur, et de pouvoir comme résultat final suppléer non

seulement à l'une des machines à vapeur, mais aux deux à la fois quand le débit de la rivière serait suffisant.

Les dessins joints à cette notice donnent des indications assez complètes sur l'ensemble des dispositions adoptées, pour qu'il ne me paraisse pas nécessaire d'y ajouter de très grands détails.

La roue hydraulique, construite en fer et tôle, a une largeur de 3^m, 50 entre les couronnes et une hauteur de 3 mètres. Elle est à mouvement direct, exactement emboîtée sur toute la surface postérieure ou descendante sur laquelle agit l'eau, par un coursier continu, en tôle dans la partie supérieure, en maçonnerie dans sa partie inférieure.

L'enveloppe a même été après coup complétée par un recouvrement en tôle mince sur la face antérieure ou ascendante, pour éviter les éclaboussures et le rejaillissement de l'eau entraînée dans la salle des machines. Le coursier en maçonnerie se prolonge horizontalement un peu au delà de l'axe, présentant à la suite un abaissement brusque destiné à faciliter la production du ressaut.

La couronne des augets a une hauteur de 0^m, 30. La machine attaque directement deux pompes horizontales, à course variable, suivant que le débit de la rivière fournit plus ou moins d'eau motrice.

Une seule difficulté pratique, facile à résoudre, s'est présentée en exécution, celle d'assurer la libre rentrée de l'air dans les augets au moment où l'eau doit les quitter. De prime abord j'avais pensé qu'il suffirait peut-être de percer au fond de chaque auget des trous analogues à ceux qui sont ménagés dans les augets superposés des norias plongeantes. Dans ces conditions la manœuvre de la roue était inégale et se produisait par saccades. On lui a donné toute la régularité désirable en substituant à ces trous insuffisants des ouvertures plus grandes au nombre de deux par auget, munies de soupapes à boulet, qui par leur propre poids se tiennent fermées à la descente et se rouvrent

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

et plongeant remonte au-dessus de l'eau. Ainsi
 1) seulement la roue marche avec une régularité
 temps normal, mais elle a pu fournir un travail
 de crue, bien que se trouvant noyée de plus

3) eu occasion de vérifier le rendement réel et
 la roue, en force motrice utilisée sur l'axe. Je
 constaterai pratiquement que par le travail utile
 au montage par les pompes élévatoires, et je l'ai
 trouvé supérieur à 0,63 pour des débits très va-

comme expérience faite avec le plus de soin
 au lieu le 12 avril 1879, et qui m'a donné les
 suivants.

3) d'eau élevé en deux heures dans le réservoir
 une hauteur effective de 38 mètres déduite de
 du manomètre, a été de 246 093 litres, corres-
 pondant à un approvisionnement journalier de 2 953 mètres
 cube par quatre heures.

le par seconde pendant la durée de l'expérience
 égal à

$$T_u = \frac{246\ 093}{7\ 200} \times 38 = 1299^{\text{m}},60.$$

le l'eau motrice reçue par la roue, facile à jau-
 canal de fuite dont la section est parfaitement
 contrôlé d'ailleurs par les indications conformes
 la usuelle appliquée aux vannes alimentaires, a
 de 648 litres par seconde. La hauteur de chute,
 bief à bief, était au total de 3^m,115.

le moteur était donc égal à

$$T_m = 648 \times 3,115 = 2044^{\text{m}},44,$$

duit pour le rendement

$$\frac{T_u}{T_m} = \frac{1299,60}{2044,44} = 0,635.$$

Les pompes élévatoires ayant été exécutées, sur série de prix, par voie d'adjudication, avec fort rabais, ne présentaient aucune disposition particulièrement avantageuse. Leur rendement ne peut donc être considéré comme supérieur à la limite moyennement admise, de 0,70 à 0,75 (Claudel, tome I, page 323). Suivant que l'on adopte l'un ou l'autre de ces chiffres, le rendement du moteur hydraulique sera égal :

$$\text{dans le premier cas à } \frac{0.635}{0.70} = 0,91,$$

$$\text{dans le second cas à } \frac{0.635}{0.75} = 0,85.$$

soit une moyenne probable de 0,88.

Ce résultat était d'ailleurs certain par avance. S'il n'avait pas été obtenu, on n'aurait pu attribuer le déficit qu'à une mauvaise confection des pompes ou du coursier du moteur hydraulique. Théoriquement en effet il ne peut y avoir d'autre déperdition de force motrice que celle provenant de la lame d'eau qui, dans le bas de la course, pourrait s'ouvrir un passage entre le rebord des augets et le fond du coursier.

Pour peu que ce coursier soit convenablement dressé, sans trop de jeu, cette perte doit être très minime, et le rendement se rapprocher de l'unité, du moment où l'eau ne cesse d'agir par son poids pendant toute la durée de la course.

Le rendement proportionnel se maintient pour des débits plus considérables jusqu'à un maximum de 800 litres à la seconde, que la roue peut facilement utiliser. La production journalière en cet état a souvent atteint et même dépassé 3 500 mètres cubes en vingt-quatre heures.

Telles sont les conditions pratiques dans lesquelles la roue de Cette n'a cessé de fonctionner depuis quinze ans, en dépit du mauvais vouloir de certains agents qui n'avaient

MÉMOIRES ET DOCUMENTS,

bon œil son établissement; rendant des services aux ressources variables du cours taire, suffisant à elle seule aux besoins de la quand elle peut fonctionner à pleine eau; veaux machines à vapeur avec une force réduite, nit de la Vène diminue; fournissant même un n'est pas négligeable aux époques d'étiage, en r éclusées intermittentes, quand le bief n'est é par le trop plein des sources.

DES PROJETS POUR LA VILLE DE BÉZIERS.

temps qu'elles augmentent de plus de 30 p. 100 t utile des roues à augets ordinaires, qui, de i peut être porté à 0,88, les modifications que lécrire permettent de diminuer de plus de moi-d'installation de ces roues; car, sans parler du vitesse qu'on peut leur donner, il est plus facile débiter 250 et même 300 litres par mètre cou-10 à 120 litres aux roues anciennes.

antages me paraissent justifier la tentative que ourd'hui pour faire apprécier mieux qu'il ne u'ici un système de moteur hydraulique ap-oute à rendre de grands services à l'industrie, a connu.

à augets, ou roues en dessus à mouvement que je viens d'en exposer le principe, réalisent ir les grandes chutes et les grandes vitesses, tion au moins égale à celle que les roues Sage-alisées par rapport aux petites chutes et aux ses.

c lieu d'espérer qu'elles seront adoptées pour utes d'eau d'une hauteur de plus de 3 mètres, ir à plusieurs roues superposées du même type, r de chute était trop élevée.

A titre de renseignement et pour mieux faire comprendre mes idées au sujet de ce nouveau perfectionnement, je crois devoir joindre à ce mémoire quelques explications concernant le projet que j'ai récemment présenté pour compléter la distribution des eaux de Béziers.

Cette ville se trouve située sur le bord d'un plateau escarpé dont la falaise culminante domine de 80 mètres environ le niveau de l'Orb, qui coule à son pied.

L'alimentation en eau potable est desservie par une machine hydraulique établie en remplacement d'un ancien moulin dont la chute insuffisante a été augmentée par l'établissement d'une coûteuse dérivation latérale, qui a permis de joindre à la hauteur de retenue du barrage celle de la pente naturelle de la rivière sur une longueur de 2 500 mètres. Dans ces conditions la chute disponible a pu être portée à 3 mètres environ.

Le débit de l'Orb est de 2 500 litres à l'étiage. La force brute disponible serait donc de 7 500 kilogrammes, soit 100 chevaux.

Le moteur employé, consistant en une turbine actionnant des pompes foulantes, ne saurait guère donner un rendement de plus de 50 à 60 p. 100 sur l'axe, de plus de 40 p. 100 en eau montée, soit 40 litres par seconde ou 3 500 mètres cubes par jour à une altitude effective de 75 mètres. En fait, il n'a pas, que je sache, été fait de jaugeage bien positif, et je doute fort que ce volume de 3 500 mètres soit habituellement atteint par la machine hydraulique, à raison surtout de la situation actuelle du grand canal de dérivation qui, par suite de sa trop faible pente longitudinale, a été obstrué par des dépôts de limon qui ne lui permettent plus de recevoir la totalité du débit de 2 500 litres disponibles à l'étiage.

La chute se trouvant d'ailleurs notablement réduite et parfois complètement supprimée pendant les crues de la rivière, l'approvisionnement de la ville, dont la population

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

accroître, n'est rien moins qu'assuré ; et pour la insuffisance, on a été obligé de recourir à la machine à vapeur dont le moindre inconvénient nécessiter des frais considérables de com-

me de remédier aux inconvénients de la situation que j'ai reproduit récemment un ancien projet à établir une nouvelle dérivation de l'Orb, à 15 kilomètres en amont, en même temps trait l'irrigation ou la submersion des terres des coteaux, créerait à l'emplacement de la chute, une chute considérable qui, sans modifier le débit existant, servirait à refouler dans la direction d'ascension un volume d'eau supplémentaire supérieur à celui qu'elle reçoit déjà.

La dérivation serait d'autant plus avantageuse que, par là, on aurait une pente très considérable en amont de la machine motrice n'est presque pas utilisée et qu'il ne faudrait approprier un ou deux mauvais moulins, pour lesquels on a une chute disponible de 30 mètres de hauteur au-dessus des murs de la ville.

On a cru toutefois indispensable d'aller jusque-là. Dans les dispositions du projet étudié, la dérivation a été calculée pour fournir 500 litres, dont 800 réservés aux besoins de la ville et 100 aux usages industriels ou domestiques qui ne sont desservis par la pente naturelle dans les parties basses de la ville, et 500 enfin affectés au service de la machine élévatoire.

La chute disponible au-dessus du bief alimentant la machine actuelle, dans lequel retomberaient les eaux de 15 mètres, on aurait une force brute de 7 500 kilogrammes, égale à celle dont on est actuellement disposé aujourd'hui, en réalité très supérieure aux turbines actuelles ne pouvant donner en eau une puissance d'élévation de plus de 40 p. 100, on peut être

certain que le nouveau moteur, fonctionnant dans les mêmes conditions que celui de Cette, dont il reproduirait le type essentiel, donnerait au moins 64 p. 100, soit 5 500 mètres cubes par vingt-quatre heures à une hauteur effective de 75 mètres, résultat assuré en tout temps à l'abri de toutes les fluctuations du niveau de la rivière pendant les crues.

La hauteur de chute disponible étant, comme je l'ai dit, de 15 mètres, j'ai cru devoir la fractionner, en me réservant en premier lieu une chute de 3 mètres exclusivement affectée à l'aspiration et au refoulement dans des baches alimentaires, des eaux filtrées provenant d'une galerie de drainage, à l'usage de la machine actuelle, établie dans le sol graveleux de la presqu'île comprise entre le cours de l'Orb et celui de sa dérivation.

Ces baches alimentaires, dans lesquelles seront refoulées les eaux filtrées, seront des réservoirs à niveau variable adossés au coteau, au voisinage des pompes exclusivement foulantes, qui seront actionnées par la chute principale de 12 mètres, aménagée en ce point.

Cette hauteur de 12 mètres m'ayant paru trop considérable pour une seule roue en dessus, j'ai pensé qu'on arriverait à une solution beaucoup plus avantageuse et surtout plus économique, en adoptant deux roues superposées de 6 mètres de hauteur chacune, la roue supérieure renvoyant directement l'eau à la roue inférieure, de telle sorte que le mouvement inverse sur la première devienne direct sur la seconde, sans qu'il soit nécessaire de recourir à aucun artifice particulier d'inversion pour rétablir le sens primitif d'écoulement.

Les deux roues, ayant un mouvement angulaire égal, mais inverse, agiront en fait dans le même sens, l'une tirant, l'autre poussant par une bielle, sur la tige verticale d'une même pompe foulante placée à chaque extrémité des axes.

Cette disposition, mieux encore que celle qui a été adoptée à Cette, me paraît de nature à assurer un parfait fonc-

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

lu mécanisme par l'équilibre qui s'établira
s de traction et de compression.

plus grand diamètre des roues, il sera d'ail-
d'augmenter la hauteur de couronne des au-
ermettra de régler la vitesse pour une con-
250 litres au moins par mètre courant, et de
ûte la largeur des roues à 2 mètres au plus
onnes.

3 mai 1882.

(N° 14)

EFFETS DES CHARGES ROULANTES SUR LES PONTS MÉTALLIQUES

Par M. RÉSAL, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

I. — FORMULES GÉNÉRALES.

Dans une notice précédemment insérée dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (octobre 1882), nous avons indiqué une formule permettant de déterminer par le calcul l'effet d'une charge roulante sur un pont métallique.

Cette formule est la suivante (*) :

$$(1) \quad f = \frac{M'g}{c} \left(\frac{1}{1 - \frac{c'}{c}} \right) \left(1 + \frac{\pi V}{2a} \sqrt{\frac{M + M'}{c - c'}} \right).$$

En désignant par :

f l'abaissement dynamique du tablier, au milieu de la travée, dû à la surcharge roulante;

$M'g$ le poids de cette surcharge;

V sa vitesse;

$\frac{M'g}{c}$ l'abaissement statique correspondant à la même surcharge $M'g$ supposée immobile;

(*) Cette formule, qui repose sur plusieurs hypothèses plus ou moins admissibles, nous a paru, malgré l'incertitude de son point de départ, s'accorder assez bien avec divers faits d'expérience. Les conséquences que nous en déduisons par des calculs fort simples, dans ce nouveau travail, pourront être également soumises au contrôle expérimental, afin de décider le degré de confiance qu'elles méritent.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

du pont;

$\frac{2M'V^2}{a^3} \left(1 + \frac{Cy +}{(M + M')g} \right)$ où y , représente milieu du tablier du pont supposé primitif, par suite de circonstances indépendantes, telles que la température.

de la flèche dynamique à la flèche sta-

rapport du travail maximum du métal charge roulante, à ce même travail dans charge immobile. C'est donc ce rapport qui permet de comparer les effets produits par ces deux charges et de conclure l'influence de la vitesse sur la fatigue.

dont le second facteur $1 + \frac{\pi V}{2a} \sqrt{\frac{M + M'}{c - c'}}$ est inférieure l'unité et pour limite supérieure égale à l'unité, on peut dire que la durée d'une vibration est donnée par l'expression :

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{M + M'}{c - c'}}$$

on néglige l'effet de la force centrifuge et on peut supprimer le terme c' qui le représente et l'expression se simplifie et devient :

$$= \frac{M'g}{c} \left(1 + \frac{\pi V}{2a} \sqrt{\frac{M + M'}{c}} \right).$$

peut se mettre sous une autre forme :

: D le rapport de la flèche dynamique à

;

due à la surcharge supposée immo-

;

;

P la charge permanente ;

L l'ouverture de la travée.

On a, en remplaçant les coefficients π et g par leurs valeurs numériques :

$$(4) \quad D = \frac{1}{1 - 0,8 \frac{V^2}{L^2} \varphi - 0,8 \frac{V^2}{L^2} \frac{P'}{P + P'} y_i} \times \left(1 + \frac{V}{L} \sqrt{\frac{\frac{P + P'}{P'} \varphi}{1 - 0,8 \frac{V^2}{L^2} \varphi - 0,8 \frac{V^2}{L^2} \frac{P'}{P + P'} y_i}} \right).$$

Par une transformation simple, qui consiste uniquement à effectuer les opérations indiquées, on ramène cette formule à la forme suivante :

$$(5) \quad D = 1 + \frac{V}{L} \sqrt{\frac{P + P'}{P'} \varphi} + 0,8 \frac{V^2}{L^2} \varphi + 0,8 \frac{V^2}{L^2} \frac{P'}{P + P'} y_i \\ + 1,2 \frac{V^3}{L^3} \sqrt{\frac{P + P'}{P'} \varphi^{\frac{3}{2}}} + 1,2 \frac{V^3}{L^3} \sqrt{\frac{P'}{P + P'}} \times \sqrt{\varphi} y_i + \text{etc.}$$

Le second membre de cette formule est une série indéfinie de termes positifs dont ceux laissés de côté contiennent tous le facteur $\frac{V}{L} \sqrt{\varphi}$ ou le facteur $\frac{V}{L} \sqrt{y_i}$ à une puissance supérieure à la 3^e, et croissant indéfiniment. En général, vu la petitesse du rapport $\frac{\sqrt{\varphi}}{L}$ ou $\frac{\sqrt{y_i}}{L}$, ces termes sont négligeables. Pour des ouvrages d'une certaine ouverture la quantité $\frac{V^2}{L^2} \varphi$ devient même négligeable, et la formule se réduit à :

$$(6) \quad D = 1 + \frac{V}{L} \sqrt{\frac{P + P'}{P'}} \sqrt{\varphi}.$$

La formule est la traduction de la formule (3) qui laisse de côté l'effet de la force centrifuge : $c' = 0$.
 Soit qu'il en soit, la formule complète (3) ou la formule (6) conduisent à la même conclusion : le rapport sur une même valeur V de la vitesse de la charge rou-
 croît d'une manière régulière et continue avec l'ex-
 ion :

$$\frac{\sqrt{\varphi}}{L} \sqrt{\frac{P+P'}{P'}}$$

quantité $\frac{P+P'}{P'}$ φ représente l'abaissement totale du tablier au milieu de la travée sous l'influence charge permanente P et de la surcharge d'épreuve P' .
 On désigne par F cet abaissement, qui représente la force verticale parcourue par le milieu du tablier, depuis l'état où le métal n'était encore soumis à aucun travail (sur centre) jusqu'au moment où il a subi le travail maximum (avec la surcharge), on voit que l'expression peut être considérée comme le coefficient de rigidité du

Plus sa valeur est grande, moins l'ouvrage est sensible à l'influence de la charge roulante, et réciproquement.
 La formule (2) qui donne la durée d'une vibration complète du pont se simplifie singulièrement si on lui applique les nouvelles notations; dans le cas où l'on néglige l'effet de la force centrifuge ($c' = 0$) on a effectivement :

$$\tau = 2\sqrt{F},$$

où F est l'abaissement complet précédemment défini.

On peut tirer de l'examen de ces formules différentes conclusions intéressantes au point de vue de la stabilité des ponts métalliques.

Nous avons joint à la présente note un tableau indiquant les effets qui seraient produits sur un certain nombre

d'ouvrages métalliques, par une charge roulante d'un poids égal à celui de la surcharge d'épreuve, qui serait animée d'une vitesse de 20 mètres par seconde. Nous avons fait ce calcul pour une série de ponts dont les principales données, telles que la charge permanente, la surcharge d'épreuve, l'abaissement ~~de~~ à une charge statique, etc., nous étaient fournies immédiatement ou à l'aide de calculs simples, soit par le *Cours de construction de ponts* de M. Morandière, soit par celui de M. Regnault, soit par différents articles insérés dans les *Annales des Ponts et Chaussées*. Un certain nombre de ces ouvrages sont des ponts pour routes, qui n'auront jamais à supporter le passage de charges animées de pareilles vitesses. Mais comme il s'agissait ici d'une étude théorique ayant pour objet d'établir une comparaison entre les résistances des différents types de ponts au point de vue des charges roulantes, nous avons adopté une valeur commune pour la vitesse maximum à attribuer à la surcharge. Enfin, pour ramener tous les ponts considérés dans les mêmes conditions et en permettre la comparaison rigoureuse, nous avons calculé

pour tous le coefficient de rigidité $\frac{L}{\sqrt{F}}$ dans l'hypothèse où la surcharge d'épreuve serait établie de manière que le travail statique maximum du métal fût uniformément de 6 kilogrammes par mètre carré pour tous les ouvrages. Ce tableau nous fournira des exemples à l'appui des conclusions que nous allons tirer de l'examen des formules précédentes.

II. — POUTRES DROITES.

Considérons une poutre droite posée sur deux appuis simples.

Soient p le poids par mètre courant (charge et surcharge), I le moment d'inertie de la section, h la hauteur

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

utre, E le coefficient d'élasticité longitudinale du
gal pour le fer à 2×10^{10} , et R le travail maxi-
métal par mètre carré de section.

ra

$$R = \frac{pL^2h}{161},$$

$$F = \frac{5}{384} \frac{pL^4}{EI}.$$

ons I entre ces deux équations, et remplaçons E
leur numérique

$$F = 0,2083 \frac{RL^2}{Eh} = \frac{RL^2}{96 \times 10^9 \times h}.$$

$$\frac{L}{\sqrt{F}} = \sqrt{\frac{96 \times 10^9 \times h}{R}} = 310.000 \sqrt{\frac{h}{R}}.$$

ignant par ρ le travail du métal par millimètre
section l'on aurait :

$$\rho = \frac{R}{10^6};$$

$$\frac{L}{\sqrt{F}} = 510 \sqrt{\frac{h}{\rho}}.$$

ée d'une vibration totale de la poutre serait don-
a formule

$$\tau = 2\sqrt{F} = \frac{L}{155} \sqrt{\frac{\rho}{h}}.$$

uverait de même pour les poutres encastrees à
ix extrémités :

$$F = 0,06288 \frac{RL^2}{Eh}.$$

$$\frac{L}{\sqrt{F}} = 570 \sqrt{\frac{h}{\rho}}.$$

$$(6) \quad \tau = \frac{L}{285} \sqrt{\frac{\rho}{h}}.$$

On voit que le coefficient de rigidité des poutres droites ne dépend que du travail du métal ρ et de la hauteur de la poutre h .

Nous en tirons les conclusions suivantes :

Lorsque deux poutres ont une même hauteur et que le fer y subit, sous l'action de la charge permanente et de la surcharge d'épreuve, le même travail maximum, les coefficients de rigidité de ces deux poutres sont égaux et, par conséquent, le rapport entre l'effet de la surcharge statique et celui de la surcharge roulante, pour une vitesse déterminée, est le même quelles que soient d'ailleurs les valeurs relatives des charges permanentes, des surcharges, des ouvertures, etc.

Les durées des vibrations sont proportionnelles aux ouvertures.

Exemple : Toutes les poutres, simplement appuyées, de 2^m,16 de hauteur dans lesquelles le maximum du travail statique est de 6 kilogrammes par mètre carré de section ont pour coefficient de rigidité 186 et une vitesse de 20 mètres attribuée à la surcharge augmente son effet de 10,7 p. 100.

Pour les poutres encastrees de même hauteur le coefficient de rigidité serait 342, et l'augmentation de l'effet de la surcharge par une vitesse de 20 mètres tomberait à 5,85 p. 100.

Lorsque deux poutres présentent le même travail maximum du fer, leurs coefficients de rigidité sont en raison inverse des racines carrées des hauteurs et sont indépendants de toute autre circonstance (sauf de l'encastrement sur les appuis).

M. l'Ingénieur en chef Collignon, dans son *Traité de résistance*, § 100, appelle coefficient de raideur d'une

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

et $\frac{L}{\varphi}$, qui est sensiblement proportionnel

lans les ponts métalliques construits jus-
r les chemins de fer (voir le tableau joint
est astreint à faire peu varier le coefficient

ayant même raideur, c'est-à-dire même
des coefficients de rigidité proportionnels

ouverture est faible, et plus l'influence des
es se manifeste, ainsi que le montre le

que des poutres d'ouvertures différentes
ent bien aux charges roulantes, il faut que
s de raideur varient en raison inverse de

s existants, on s'est en général peu écarté
du dixième pour le rapport entre la hauteur

que pour tous les ponts d'une ouverture
mètres, le travail dynamique diffère peu
us) du travail statique dû à la surcharge.
de même pour les petits ouvrages, qui
ent des hauteurs très faibles. Le tableau
des ouvrages de 8, 6, 4, et 2 mètres d'ou-
ts sur la ligne du Midi par M. Regnauld,
travail résultant d'une vitesse de 20 mè-
a charge, atteint 20, 33, 60 et 3- p. 100.
l. Regnauld n'avait calculé ses ponts que
rge maximum de 5 000 kilogrammes par
voie, tandis que nous leur avons appliqué
ées par la circulaire du 9 juillet 1877.

Mais, même en adoptant la surcharge qui donnerait exactement 6 kilogrammes pour valeur du travail maximum, on voit que l'on n'obtiendrait pas un coefficient de rigidité satisfaisant.

Il en résulte que ces ponts ne nous semblent pas présenter des conditions de sécurité suffisante.

Pour le rail à double champignon ordinaire, de $0^m,13$ de hauteur ($I = 0^m,00000926$), avec un mètre d'écartement entre les traverses et 13 000 kilogrammes de charge par mètre courant de voie, le travail dynamique surpasse de 88 p. 100 le travail statique, et atteint $15^k,78$ par millimètre carré de section :

Cela explique le peu de durée des rails en fer comparativement aux autres ouvrages construits avec ce métal, et justifie en même temps le doute que nous avons émis précédemment au sujet de la stabilité de petits ponts, où le travail dynamique maximum du métal peut atteindre une valeur égale.

Enfin comme exemple limite nous avons considéré les poutres en fonte expérimentées en 1847 par une commission anglaise (*). La hauteur de ces poutres ou barres était seulement de $0^m,038$ pour une ouverture de $2^m,60$. Dans ces conditions une vitesse de 20 mètres par seconde imprimée à la surcharge de 508 kilogrammes augmenterait le travail du métal de 566 p. 100 et le porterait à $47^k,39$. Les expériences de la commission ont d'ailleurs démontré que ces barres se brisaient dès que le travail statique ($P' = 1881^k,67$) ou le travail dynamique ($P' = 806^k,17$ $V = 13^m,41$) atteignait 27 kilogrammes par millimètre carré.

Nous en concluons que l'examen des effets dus aux charges roulantes a pour les petits ouvrages une importance considérable et conduit nécessairement soit à augmenter autant que possible la hauteur des poutres, soit, dans le cas

(*) *Annales* 1851, 1^{er} semestre.

on est obligé d'employer des pièces de faible hauteur (comme les poutres à ornieres ou caissons), à augmenter la section de telle sorte que le travail statique étant fort réduit, le travail dynamique, quoique notamment plus considérable, ne dépasse jamais la limite admise de 6 kilogrammes par millimètre carré de section.

La même conclusion s'applique aux pièces constitutives des grands ouvrages, qui se comportent comme des poutres de faible ouverture : longerons, pièces de pont, etc.

III. — ARCS MÉTALLIQUES.

L'abaissement total à la clef d'un arc métallique est donné par la formule

$$F = 1,56 \times \frac{P + P'}{E\Omega L} \times \left(\frac{L^2 + 4f^2}{8f} \right)^2 \times \frac{1 + 0,0488 \frac{f^2}{L^2 r^2}}{1 + \frac{15}{8} \frac{r^2}{f^2}},$$

conservant les notations précédentes et désignant par f la flèche de l'arc, Ω la surface de sa section et r son rayon de gyration.

On en conclut la valeur du rapport $\frac{L}{\sqrt{P}}$

$$= \frac{8}{\sqrt{1,56}} \sqrt{E} \times \sqrt{\frac{\Omega}{P + P'}} \times \sqrt{L} \times \frac{1}{\left(\frac{L}{f} + \frac{4f}{L} \right)} \times \sqrt{\frac{1 + \frac{15}{8} \frac{r^2}{f^2}}{1 + 0,0488 \frac{f^2}{L^2 r^2}}}$$

Le premier facteur de ce produit ne dépend que du coefficient d'élasticité du métal E . Ce coefficient qui pour le fer présente une valeur moyenne de 2×10^{10} descend pour la fonte à 8×10^9 . Donc, toutes choses égales d'ailleurs, le coefficient de rigidité d'un pont en fonte est inférieur à celui d'un pont en fer dans le rapport de 1 à 1,60 : en remplaçant la fonte du pont de Tarascon par du fer, sans autre modification, on porterait son coefficient de rigidité

de 240 à 384. Donc en principe la fonte ne convient pas pour les petits ponts de chemin de fer.

En examinant successivement les autres on reconnaît que l'arc est d'autant moins sensible à l'effet des charges roulantes :

1° Que le travail statique du métal est plus faible $\left(\frac{P + P'}{Q}\right)$;

2° Que l'ouverture est plus grande;

3° Que l'arc est plus voisin du plein cintre (minimum de $\frac{L}{f} + \frac{4f}{L}$), c'est-à-dire qu'il est moins surbaissé;

4° Que le rayon de gyration de la section r est plus grand.

Ainsi pour les ponts de chemin de fer établis sur l'Erdre avec arcs en tôle, et sur le Rhône, à Tarascon, avec arcs en fonte, on augmenterait le coefficient $\frac{L}{\sqrt{F}}$ et on réduirait

D en supprimant la charge de ballast que portent ces ouvrages ; on diminuerait ainsi à la fois et le travail statique dû à la charge permanente et le travail dynamique dû au passage des trains.

Comme en général les arcs ne s'emploient que pour d'assez grandes ouvertures, il est rare que l'augmentation dont nous parlons soit bien importante; c'est ce que montre le tableau numérique que nous avons dressé : les valeurs de F qui y sont portées ont toutes été calculées d'après les résultats fournis par les épreuves qu'ont subies ces arcs.

Pourtant avec un surbaissement notable, si l'on adopte pour l'arc une section dont le rayon de gyration soit très petit, notre affirmation précédente peut n'être pas exacte. C'est ainsi que le pont du Carrousel, à Paris, repose sur des arcs dont la section est telle qu'il semble que l'on ait cherché à réduire le plus possible son moment d'inertie. Aussi ce pont se comporterait-il fort mal sous l'action des charges roulantes.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

le comparant aux autres ponts en arc construits plus
 nent on constate que c'est lui qui présente la valeur
 forte pour le coefficient D; et cependant c'est ce
 ouvrage qui offre la moindre valeur pour le travail
 um du métal. En le comparant au pont Sully, dont
 ture est à peu près la même, et appliquant à ces
 ouvrages des surcharges telles que le travail maximum
 y soit ramené à la valeur commune de 6 kilo-

es par millimètre carré, on voit que $\frac{L}{\sqrt{P}}$ aurait pour
 : 164 pour le pont Sully et 83 pour le pont du
 ssel (*). Bref le pont du Carrousel est à ce point de
 semblable soit à un pont suspendu soit à une poutre
 de 0^m,47 de hauteur.

ouvrage, dont le type a été adopté pour quelques
 le chemins de fer, est un exemple curieux de la
 ité que l'on peut donner à un pont de grande ouver-

point de vue de l'effet des charges roulantes, il nous
 difficile d'attribuer une supériorité aux arcs sur les
 s droites, ou inversement.

le pont sur l'Erdre (95 mètres d'ouverture, surbais-
 1/8) a la même rigidité qu'une poutre droite d'égale
 nce ayant 15^m,30 de hauteur soit 1/6 de l'ouverture.
 donc très stable à ce point de vue.

ont de Tarascon (60 mètres d'ouverture, surbaisse-
 /2) est équivalent à une poutre de 4^m,32 seulement
 leur : son infériorité tient à l'emploi de la fonte.

leurs, pour que cette comparaison fût juste il faut
 que la fraction du travail statique due à la sur-
 fût la même dans les deux ouvrages. Or pour les
 rcs précités cette fraction est très faible, bien plus

que le coefficient D serait 1,11 pour le premier et 1,24 pour le deuxième,
 re que l'effet dynamique est double pour le pont du Carrousel.

faible que pour les ponts en poutres droites de même ouverture, et à ce point de vue ils présentent une réelle supériorité, puisque l'augmentation $D-1$ porte sur une partie peu importante du travail.

IV. — PONTS SUSPENDUS.

Nous avons appliqué les formules précédentes à deux ponts suspendus : 1° l'ancien pont de la Roche-Bernard, sur la Vilaine, détruit par une tempête; 2° le pont projeté par M. Regnauld sur la gare de Bordeaux, et non exécuté. L'abaissement total F a été calculé dans les deux cas en supposant la charge et la surcharge uniformément réparties, de manière à ce que l'allongement des câbles se fît sans altérer leur forme géométrique, qui est une parabole, ni en déplacer le sommet.

Dans ces conditions on reconnaît que l'effet des charges roulantes sur ces ponts n'est pas très considérable, et que si l'on n'y faisait travailler le métal des câbles qu'à 6 kilogrammes par millimètre carré, limite admise pour les autres ponts métalliques, ils auraient une rigidité sensiblement supérieure à celle du pont du Carrousel, et égale à celle des poutres droites de 1^m,50 de hauteur. Mais, ainsi que le fait remarquer M. Regnauld à propos du pont projeté par lui, l'hypothèse faite par nous ne se réalise pas dans la pratique. Une charge unique un peu considérable placée au milieu du tablier déforme la courbe des câbles, et l'abaissement qui, par la surcharge totale uniformément répartie, ne dépasserait pas 0^m,09, atteint 0^m,25 à 0^m,30, sous l'influence d'un poids unique. Or c'est le cas qui se présente lorsqu'un train pénètre sur un pont suspendu : le tablier s'abaisse sous la locomotive, en se relevant dans la partie non chargée, de façon à donner lieu à une sorte d'ondulation qui se propage à l'avant et à l'arrière du train. Le déplacement vertical du milieu du tablier est beaucoup

plus considérable que celui calculé avec des charges uniformément réparties, et si on donnait à F sa valeur réelle, on trouverait pour $\frac{L}{\sqrt{F}}$ une valeur très faible, et l'augmentation dynamique du travail (D-I) atteindrait 40 à 50 p. 100.

Par conséquent les résultats inscrits au tableau ne pourraient se rapprocher de la vérité que si l'on parvenait à rendre les câbles du pont presque indéformables comme les poutres droites et les arcs. Si l'on pouvait établir le pont dans de telles conditions qu'un poids placé en un point quelconque du tablier donnât lieu à un abaissement au milieu, sans changement notable dans la courbe des câbles, on aurait un ouvrage offrant absolument les mêmes garanties de stabilité qu'une poutre droite ou un arc, à condition, bien entendu, que l'on y eût adopté la même limite supérieure du travail du métal.

Les Américains ont cherché à réaliser cette amélioration dans leurs ponts suspendus, et ils y sont parvenus dans une large mesure par l'emploi de haubans soutenant les parties extrêmes du tablier, et de poutres droites raidissant le tablier et l'empêchant de subir de trop grandes déformations. Après la chute du premier pont de la Roche-Bernard, en France, on l'a rétabli en le raidissant au moyen de câbles supplémentaires présentant une courbure opposée à celle des câbles de suspension et placés au-dessous du tablier. M. Noyon, ingénieur des Ponts et Chaussées, qui a fait exécuter ce travail, a constaté qu'il avait eu pour résultat de supprimer presque complètement les oscillations verticales d'une amplitude de 0^m,30 à 0^m,60 qui se produisaient parfois sur le pont primitif.

Dans un ouvrage cité par M. l'Ingénieur en chef Lavoinne, le pont suspendu rigide de Point-Bridge, on a réalisé d'une manière presque absolue la condition dont nous parlions et on a rendu invariable la courbe des câbles.

M. l'Ingénieur en chef Lavoinne constate que les oscillations verticales de ce pont, dont l'ouverture atteint 244 mètres, ne dépassent pas 7^{mm},9.

Les Américains construisent d'autres ponts d'après le type dit à chandeliers, dans lesquels le tablier est supporté par une série de haubans rigides rattachés à des tours métalliques, et tenus en équilibre par d'autres haubans symétriquement placés par rapport à ces tours. C'est, encore là, il nous semble, un système de pont suspendu qui ne paraît présenter, au point de vue du passage des charges roulantes, aucune infériorité sur les ponts à poutre droite ou sur des arcs. La seule différence c'est que le métal y travaille uniquement à l'extension, tandis que dans les arcs il travaille à la compression et que dans les poutres ces deux sortes de travail se manifestent simultanément : les points d'appui subissent dans le premier cas une traction, dans le second une poussée, tandis que dans le troisième ils ne sont soumis à aucun effort horizontal.

Dans un concours ouvert à New-York pour l'exécution d'un pont sur l'East River, avec travée centrale de 223 mètres, le système des arcs métalliques et celui de la suspension par chandeliers ont été jugés admissibles dans les mêmes conditions et équivalents comme dépense et stabilité, tandis que les poutres droites ne paraissaient pas acceptables, tant au point de vue du poids énorme de métal qu'elles eussent exigé, qu'à celui des difficultés de montage.

Nous pensons qu'en renonçant aux câbles en fil de fer, trop sujets aux déformations et exposés d'ailleurs à une détérioration rapide par les influences atmosphériques et en adoptant des dispositions qui assurent l'invariabilité de la forme géométrique, on pourrait établir des ponts suspendus, c'est-à-dire des ponts dont la partie essentielle ne serait soumise qu'à des efforts d'extension, présentant des conditions de stabilité tout aussi satisfaisantes que les arcs et les poutres droites ; mais il est à présumer que l'économie

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

que permet de réaliser l'emploi des ponts tels qu'on les construit en France disparaîtrait, l'absence de stabilité des ponts suspendus nécessite des circonstances particulières justifiant d'une façon spéciale leur adoption, une dépense tout

V. — CHARGES OSCILLANTES.

C'est sur les ponts métalliques qu'on entre le plus souvent en contact avec l'action de charges oscillantes, c'est-à-dire de charges de gravité subissant des déplacements verticaux qui entraînent une variation également périodique de la charge exercée sur le pont. Exemples : groupe d'hommes marchant d'une manière cadencée ; — voitures chargées de pavés ; — transmission de la pression aux pièces déformables dans le sens vertical (anneaux du pont des Saint-Pères) agissant sur les ressorts de suspension et faisant par conséquent varier la charge.

Les méthodes que nous avons indiquées précédemment peuvent servir à étudier les effets dans chaque cas particulier. La détermination de la durée d'une vibration du pont aurait une importance spéciale, car il permettrait de déterminer la charge due à la superposition des effets d'oscillations de la charge, concordant plus ou moins avec le mouvement périodique du pont.

GRANDS PONTS EN POUTRE DROITE.

C'est ce que nous avons dit précédemment des poutres droites. La théorie que nous venons d'exposer s'applique aux grands ponts, à condition de modifier les coefficients des formules indiquées. En effet ces grands ouvrages sont toujours des poutres à section constante, à hauteur constante ou variable, et leurs déformations sont plus considérables que présenteraient des poutres droites à

section constante présentant le même travail maximum du fer. Nous avons cherché les formules applicables aux différents cas, et nous les énoncerons ici sans y joindre les calculs qui nous ont conduit : ces calculs sont sans intérêt et reposent immédiatement sur des formules connues de la résistance des matériaux.

Ces formules sont de la forme :

$$F = K \frac{RL^2}{Eh} \quad \text{et} \quad \frac{L}{\sqrt{F}} = N \sqrt{\frac{h}{\rho}},$$

K et N étant des coefficients variables d'après le type de poutre considéré, dont h représente la hauteur constante ou la hauteur maximum.

		K	N
A. Poutres d'égale résistance et de hauteur constante.	a. Les deux extrémités simplement appuyées. . . .	0,25	283
	b. Une extrémité appuyée, une encastrée.	0,1776	335
	c. Les deux extrémités encastrées.	0,1280	395
B. Poutres d'égale résistance à hauteur croissant depuis 0 avec le moment fléchissant.	a. Les deux extrémités appuyées.	0,2849	265
	b. Les deux extrémités encastrées.	0,1549	359

Il nous semble que tous les types de poutres droites en usage sont compris dans ces différentes catégories, ou intermédiaires entre elles.

- Aa. Ponts à travées indépendantes et hauteur constante.
 Ab. Travée de rive
 Ac. Travée intermédiaire } des ponts à travées solidaires.

Il arrive que l'encastrement des poutres à travées solidaires n'existe que pour la surcharge : poutres construites sur cintres. Ce cas est intermédiaire entre Aa et Ac. Il en est de même lorsqu'une travée est surchargée à l'exclusion des travées voisines, et on doit prendre alors un moyen terme entre les coefficients applicables à l'appui simple et à l'encastrement complet.

Ba. Bow-string, système Pauli (pont de Mayence).

Bb. Système Pauli avec croisement des semelles du pont et encastrement sur les piles.

Avec des renseignements tirés de l'ouvrage de M. Morandière, et de celui de M. l'ingénieur en chef Lavoinnie (*Chemins de fer en Amérique*) nous avons dressé le tableau d'un certain nombre de ponts existants auxquels nous avons appliqué les formules précédentes.

Nous avons constaté une concordance sensible entre les résultats fournis par les épreuves et ceux donnés par les formules; cependant le coefficient N déduit de l'observation est toujours inférieur à celui indiqué par le calcul.

Cela provient probablement de ce que les assemblages des treillis ne sont pas assez parfaits pour assurer aux poutres la même raideur que si elles avaient une âme pleine. Il nous semble qu'il serait possible de juger, à ce point de vue, de la bonne exécution d'un ouvrage ainsi que de la bonne conception de son type et de ses assemblages par l'écart existant entre la déformation théorique et la déformation révélée par les épreuves.

Le tableau montre que les ponts rivés européens, à travées indépendantes, ont tous une raideur presque égale à la raideur théorique, le rapport entre les coefficients N théoriques et expérimentaux restant compris entre 0,90 et 1,00, à l'exception du système Pauli employé pour le pont de Mayence, dont l'infériorité paraît s'accuser (rapport 0,80). Pour les ponts à travées solidaires, ce rapport décroît, ce qui semblerait indiquer que la solidarité complète des travées n'a pas été obtenue d'une manière parfaite pour les ouvrages considérés.

Pour les ponts américains on remarque de grandes anomalies, mais l'écart entre la théorie et l'expérience augmente notablement. Il semblerait donc, contrairement à l'opinion des Américains, que les soins apportés à la fabrication et au montage ont pour les ponts articulés une importance

plus grande que pour les ponts rivés, puisque les mêmes types donnent des résultats absolument différents, et d'autre part les ponts américains sont notamment plus déformables que les ponts rivés; ce qui explique pourquoi on y renonce aujourd'hui pour les ouvertures de moins de 20 mètres, où ce défaut peut avoir des conséquences fâcheuses.

Ce sont là de simples conjectures, qui s'appuient sur des exemples trop rares et sur des renseignements trop peu certains pour que nous y attachions quelque importance. En effet, dans le tableau dressé par nous, les flèches d'épreuve sont probablement assez exactes (*), mais les valeurs du travail du métal, données en chiffres ronds et sans explications, nous semblent mériter peu de confiance.

Il est peut-être regrettable que les ingénieurs qui construisent de grands ouvrages métalliques ne songent pas toujours à faire connaître avec une grande exactitude ces données fondamentales. De pareils renseignements recueillis sur un grand nombre de ponts permettraient de les comparer d'une manière très intéressante, d'accuser les inconvénients et les avantages des différents types, en se basant sur les résultats des épreuves, d'écarter définitivement les systèmes défectueux ou les assemblages imparfaits, et de perfectionner, à l'aide des indications de l'expérience, cette branche importante de la construction qui jusqu'ici n'a guère progressé que par la voie de la théorie.

(*) M. Lavoigne dans son ouvrage cite le pont de Steubenville (Amérique), pour lequel les épreuves, au dire des ingénieurs, n'auraient donné qu'une flèche insensible. Or, à supposer que cet ouvrage soit équivalent à un pont à âme pleine présentant les mêmes conditions de travail maximum du métal, c'est-à-dire en supposant une invariabilité absolue des assemblages, on aurait dû avoir une flèche au moins égale à 0,025. Donc à moins d'admettre pour le fer un coefficient d'élasticité E dix fois supérieur à la valeur normale $2 + 10^{10}$ ou de supposer que les autres renseignements fournis sont complètement erronés, on doit reconnaître que les épreuves ont été menées avec la plus grande négligence et que les ingénieurs n'ont pas songé à mesurer la flèche.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	OUVERTURE.	CHARGE PERMANENTE		SURCHARGE D'ÉPREUVE		RAPPORT DE LA CHARGE à l'abaissement.	ABAISSEMENT TOTAL en millimètres de la travée.
		par travée (en tonnes).	par mètre courant de voie ou mètre carré de tablier (en kilogrammes)	par travée (en tonnes).	par mètre courant de voie ou mètre carré de tablier (en kilogrammes)		
I. — ARCS MÉTALLIQUES.	L	P		P'		C	R
Pont sur l'Erdre (chemin de fer de Nantes à Châteaubriant.	m. 95,00	t. 1 470	kilog. 7 500	t. 620	kilog. 3 250	48×10^{-4}	m. 0,0
Fer. Surbaissement $\frac{1}{8}$							
Pont de Terascon sur le Rhône.	60,00	1 680	14 000	480	4 000	54×10^{-4}	0,01
Fonte. Surbaissement $\frac{1}{12}$							
Pont Saint-Louis, à Paris. . .	64,00	1 805		410	400	20×10^{-4}	0,11
Fonte. Surbaissement $\frac{1}{11}$							
Pont Sully, à Paris.	49,50	1 594		596	400	26×10^{-4}	0,07
Fonte. Surbaissement $\frac{1}{9}$							
Pont du Caroussel, à Paris. . .	47,67	546		208	400	5×10^{-4}	0,15
Fonte. Surbaissement $\frac{1}{10}$							
II. — POUTRES DROITES.							
Ponts de la Compagnie du Midi construits par M. Regnaud Ingénieur des Ponts et Chaussées.							
Hauteur des poutres. . 3 ^m ,20	25,60		2 752		4 000		0,007
1 ^m ,57	14		1 876		5 900		0,0052
0 ^m ,60	8		1 328		8 500		0,006
0 ^m ,45	6		1 276		9 500		0,006
0 ^m ,30	4		864		10 200		0,006
0 ^m ,26	2		1 152		12 000		0,0008
Rail à double champi- gnon. 0 ^m ,15	1		"		15 000		0,0007
Barres en fonte expérimentées en 1847 par une commission anglaise. 0 ^m ,038	2,60	kilog. 164		kilog. 508			
III. — PONTS SUSPENDUS.							
Pont de la Roche-Bernard. . .	98,18		2 624		1 200 (200)		
Pont pr jeté à Bordeaux, par M. Regnaud.	55	tonnes. 86,5		tonnes. 115, 5	500		

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

			HAUTEUR CONSTANTE
			maximum des poutres A
			(hauteur minimum)
le de rive. . . .	Travées solidaires. Ame pleine.	62,87	
le centrale. . .	Hauteur constante.	73,40	
seule travée char-			
gée.	Travées solidaires. Treillis. Hau-	73, 6	
sur les travées	teur constante.	73, 6	
chargées.			
seule travée char-			
gée.	Travées solidaires. Treillis. Hau-	64,00	
sur les travées	teur constante.	64,00	
chargées.			
seule travée char-	Travées solidaires. Treillis. Hau-		
gée.	teur constante.	40,00	
le travée. . . .			
une travée. . . .	Travées indépendantes à hauteur	150,00	
2 travées. . . .	variable, treillis.	80,00	
3 travées. . . .		57,00	
4 travées. . . .	Travées indépendantes à hauteur	100,00	1
5 travées. . . .	variable, treillis.		
sur le Tay. . . .	Treillis, travées solidaires, hau-	74,70	
	teur constante.		
de Mayence. . .	Système Pauli (hauteur invariable)	101,50	
	travées indépendantes.		
lors sur le canal	Travées indépendantes, hauteur		
du Danube. . . .	variable, treillis.	88,90	1
nnatu.	Articulé — Linville.	158,50	
de travée. . . .	Articulé — Triangulaire.	122,00	
une travée. . . .	Articulé — Finck.	74,90	
Articulé — Finck.		92,70	
Articulé — Triangulaire.		96,50	
Articulé — Linville.		76,25	

France, de compter la section entière des tôles des poutres sans suite la valeur observée de N deviendrait sensiblement égale

[illegible]

2, on aurait pour p une valeur

CHRONIQUE

(Mars 1883.)

N° 15

ENQUÊTE DU PARLEMENT ANGLAIS

sur

TARIFS DES CHEMINS DE FER.

par M. CH. BAUM, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

En 1881, le Parlement anglais institua une enquête pour rechercher s'il ne serait pas possible de fixer des limites et des règles fixes à la tarification d'apparence arbitraire et sans règles des compagnies anglaises de fer, et d'éviter les plaintes ultérieures du public contre les taxes élevées, contre les contradictions dans la diversité des classifications des marchandises, contre l'omnipotence des compagnies.

Les mesures législatives prises par le Parlement de 1872 et les mesures législatives prises par le Parlement de 1872 et les mesures législatives prises par le Parlement de 1872 n'avaient produit, en effet, que des résultats insignifiants ; les plaintes du commerce anglais continuèrent, surtout contre les préjudices causés par les tarifs élevés : de là est née, pour le Parlement anglais, la nécessité d'ouvrir cette nouvelle enquête.

Une commission d'enquête, composée de vingt-sept membres (7), fut créée par le Parlement de 1882 et a rendu son rapport en juillet 1882.

Dans le rapport de la commission d'enquête de 1882, on a traité presque toutes les questions soulevées dans les débats

Dans la commission, il y avait : dix directeurs de chemins de fer, deux avocats, cinq négociants, un membre du Board of Agriculture et cinq représentants des industries houillères et métallurgiques.

de l'enquête anglaise avaient également été traitées dans les enquêtes parlementaires faites récemment en France sur les tarifs de chemins de fer. Toutefois, en Angleterre, le conflit entre l'intérêt des expéditeurs et celui des compagnies de chemins de fer semble être plus aigu qu'en France, car le droit des compagnies anglaises en matière de tarifs est très grand.

Presque toutes les plaintes formulées à l'enquête de 1882 peuvent se ramener à quelques catégories que nous allons passer brièvement en revue.

1^o *Les taxes perçues sont quelquefois supérieures aux maxima fixés par les concessions.* Quelques produits agricoles : légumes, lait, houblon, etc., ont donné lieu à de pareilles perceptions. Néanmoins presque tous les transports sont effectués à des taxes inférieures aux maxima. Les compagnies sont, du reste, autorisées à percevoir, en sus de la taxe de transport, des *terminal charges*, frais accessoires dans les stations expéditrice et destinataire. Ces frais n'ont presque pas d'influence sur la taxe kilométrique lorsqu'il s'agit de longs parcours, tandis que sur les petits parcours ces *terminal charges*, pour les marchandises des premières classes, entraînent des taxes supérieures au maximum légal.

La question de savoir si, en agissant ainsi, les compagnies sont dans la légalité est très délicate; car les maxima fixés par les anciennes concessions sont basés sur l'hypothèse que les compagnies de chemins de fer, comme celles des canaux, ne fournissent que la voie à des tractionnaires.

Des plaintes se sont élevées contre l'exagération des frais accessoires; la loi de 1873 donne le droit aux commissaires des chemins de fer de fixer la hauteur de ces *terminal charges*, en cas de contestation. Mais souvent le prix du transport et les *terminal charges* sont donnés en un seul chiffre, sans qu'il soit possible de connaître la valeur de chacun d'eux.

Les compagnies font observer, au sujet des frais accessoires, que le travail qu'ils rémunèrent est variable, et qu'il y aurait injustice pour le public et impossibilité pour les compagnies d'établir une règle fixe et générale, applicable à toutes les classes de marchandises. Cela est vrai pour le public; néanmoins ce public aurait probablement plus d'intérêt à voir une règle fixe substituée à l'incertitude actuelle. L'argument des compagnies, tiré de l'impossibilité de l'existence d'une règle fixe pour le calcul des frais accessoires n'est pas admissible, puisqu'au Clearing House il

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

une pareille règle appliquée d'une manière générale. Est la commission d'enquête a-t-elle conclu à ce qu'une loi votée par le Parlement fixât le droit des compagnies de percevoir des frais de transport, de telle façon que les maxima autorisés pour chaque ligne soient inscrits dans le tarif ou portés à la connaissance du public dans chaque station. En outre, les commissaires des chemins de fer devraient être autorisés, sur la demande d'un intéressé, à décider si ces taxes maxima sont convenables, et auraient le droit de les modifier.

Les produits exportés ou importés jouissent de taxes plus basses que les produits similaires nationaux, dans les mêmes conditions de tonnage et de parcours.

Il y a de nombreuses plaintes à ce sujet; le rapport cite quelques exemples; quelquefois des marchandises expédiées vers un port pour être exportées payent moins que lorsqu'elles ne sont pas destinées à l'exportation.

La viande en provenance d'Amérique est expédiée de Glasgow pour Londres à 56^s,25 par tonne, tandis que la viande provenant d'Écosse paye 96^s,25, par tonne, pour le même parcours.

Les produits manufacturés de Manchester pour Londres et destinés à l'exportation sont tarifés à 31^s,25 par tonne; si ces produits restent dans les magasins de Londres, ils sont taxés à 50^s par tonne.

Les agriculteurs se plaignent de ce que les fruits et houblons étrangers importés par Boulogne ou Flessingue payent moins que les produits identiques d'Ashford et de Sittingburne; de ce que la viande et le blé importés par Liverpool en destination de Londres sont transportés à meilleur marché que les produits similaires nationaux.

Limerick se plaint de ce que les jambons étrangers et d'autres produits alimentaires sont tarifés plus bas de Liverpool à Limerick que les produits de Limerick expédiés sur la même ligne, en destination du même port.

Les compagnies sont accusées de porter ainsi préjudice à la production indigène par des tarifs bas d'exportation et d'importation. Les compagnies avouent qu'il existe des anomalies, et déclarent que si ces marchandises n'étaient pas transportées à des tarifs plus bas, le trafic passerait ailleurs et ne pourrait pas être maintenu par chemins de fer. Le public, disent-elles, n'est pas protégé par de pareilles taxes d'exception.

La commission d'enquête ne croit pas avoir à décider jusqu'à quel point ces plaintes, justifiées en partie, résultent de l'application de taxes de faveur illicites ; la commission des chemins de fer a les pouvoirs nécessaires pour intervenir ; chaque cas particulier est à traiter séparément.

3° Des taxes de faveur sont accordées à une ville ou à un port au détriment d'une autre ville ou d'un autre port.

Le rapport de la commission déclare que l'on peut admettre qu'un grand nombre des inégalités critiquées sont plutôt à l'avantage qu'au détriment du public. En accordant des taxes kilométriques plus faibles à des villes en communication plus facile avec la mer que d'autres villes, les compagnies sauvegardent un avantage créé par la nature. Si l'on empêchait les compagnies d'agir ainsi, les armateurs seuls en profiteraient. Des villes peu accessibles par mer ou par voie navigable ne peuvent pas, en équité, obtenir, par une loi arbitraire, des avantages que leur situation topographique leur a refusés.

La loi permet de porter remède à des faveurs injustes ; mais on ne peut pas appeler injuste une faveur qui est la conséquence naturelle d'une concurrence loyale, et qui est accordée à tout le monde, si les services rendus par le chemin de fer sont identiques et effectués dans les mêmes conditions et pour le même tonnage. Aussi a-t-il été décidé, en ce qui concerne les marchandises de petite vitesse, que les circonstances qui peuvent modifier le prix de revient des transports, comme les fortes rampes ou les différences du tonnage expédié, justifient les différences entre les taxes de transport perçues.

Une taxe qui serait établie pour une ligne à grand trafic et d'un profil favorable, serait beaucoup trop basse sur un chemin à fortes rampes et à faible trafic. Les taxes de faveur accordées aux transports importants sont conformes à la loi naturelle du commerce. L'acheteur en gros obtient plus d'avantages que l'acheteur de détail ; le vendeur économise en effet son temps et les dépenses qu'entraînent un grand nombre de petites affaires. Ces règles commerciales si rationnelles, au sujet desquelles personne ne songe à parler de faveur, s'appliquent aussi aux transports. Il y a une grande différence entre le prix de revient d'un train complet allant d'un bout à l'autre de la ligne sans rompre charge, et celui d'un train laissant des wagons dans diverses gares, avec des dépenses d'arrêt et de manœuvres.

Les témoins d'Irlande se plaignent en outre de ce que le tarif local irlandais est, en général, supérieur aux tarifs anglais; de ce que la classification irlandaise est plus défavorable, surtout en ce qui concerne les produits agricoles, les machines; de ce qu'au grand détriment du commerce en gros de Dublin, ces taxes locales sont supérieures, et cela hors de toute proportion, aux taxes de transit entre les stations anglaises et les stations irlandaises; de ce que, par suite de l'entente des compagnies anglaises et irlandaises et des compagnies de bateaux à vapeur, il existe un monopole complet avec égalité de taxes de Liverpool à Dublin par mer ou *via* Holyhead, avec exclusion de la participation aux transports des sociétés indépendantes de bateaux à vapeur; de ce qu'enfin l'administration des lignes irlandaises est inutilement coûteuse par suite du morcellement du réseau en un grand nombre de compagnies ayant chacune un état-major. En fait, il y a 270 directeurs, 57 secrétaires, 20 directeurs d'exploitation, et des cadres correspondants d'employés inférieurs, pour l'administration d'un réseau dont le capital s'élève à 900 millions de francs; tandis que la compagnie anglaise du Great-Eastern, avec un capital presque double, n'a que 18 directeurs, 1 secrétaire et 1 directeur général d'exploitation.

La commission d'enquête, en ce qui concerne ce dernier point, ne peut que recommander, dans un but d'économie, la fusion ultérieure des compagnies irlandaises. La commission considère aussi comme désirable l'adoption d'une classification unique pour le royaume; elle est d'avis qu'il n'est pas possible d'éviter l'accord entre les compagnies anglaises et les compagnies irlandaises, car ces ententes se produisent dans toutes les branches de l'industrie.

La commission a reçu les dépositions de producteurs qui se plaignent de ce que, par le fait des tarifs d'exception, ils ont à payer des taxes plus élevées que les producteurs d'autres régions. Certaines villes réclament aussi contre les taxes très faibles qui ont détourné de leurs murs un trafic déterminé et l'ont conduit sur d'autres routes.

La concurrence, par les taxes faibles qu'elle accorde, enlève au commerce le caractère local: sans cette concurrence le négociant le plus rapproché d'un marché aurait sans doute de gros bénéfices. La concurrence ne peut être, en général, que favorable au public. Ainsi les raffineries de Greenock, viennent sur le même marché que celles de Londres. C'est un inconvénient pour les dernières et un avantage pour les premières, sans aucun détriment pour l'acheteur ou le consommateur. Trente-neuf villes

anglaises reçoivent du sucre de Greenock à une distance moyenne de 470 kilomètres (292 milles); ces villes ne sont qu'à une distance moyenne de 241 kilomètres de Londres. Les prix de transport sont à peu près les mêmes pour les deux villes, c'est-à-dire que le sucre de Greenock, pour le même prix, est transporté deux fois plus loin que celui de Londres. Les raffineurs de Greenock peuvent concourir avec ceux de Londres, ce dont ces derniers se plaignent en demandant, soit une réduction pour les sucres de Londres, soit une augmentation pour ceux de Greenock. Si satisfaction était donnée aux raffineurs de Londres, le sucre de Greenock serait chassé du marché de certaines villes, les lignes du nord perdraient une partie de leur trafic, qui passerait aux lignes du sud; les raffineurs de Londres auraient un monopole de fait et jouiraient du principal bénéfice d'un tel changement.

La commission d'enquête a pensé qu'un pareil résultat ne serait ni juste ni rationnel.

Quoique la commission n'ait pas demandé les mêmes taxes kilométriques, néanmoins on a défendu dans son sein l'uniformité de taxation. Le rapport de la commission se contente de répéter les termes du rapport de la commission d'enquête de 1872. La commission de 1872 avait, en effet, déclaré qu'elle rejetait un système de tarifs à taxes kilométriques uniformes, parce qu'il priverait les compagnies et le public des avantages de la concurrence des chemins de fer entre eux et avec les autres voies de communication, et qu'un tel système nécessitait de nombreuses exceptions.

Néanmoins la commission se prononce en faveur d'une certaine uniformité dans la fixation des taxes.

Un des systèmes proposés à l'enquête pour servir de base à la taxation est celui d'après lequel la taxe perçue serait dans un rapport déterminé avec le prix de revient; dans ce système, les compagnies ne devraient pas retirer un plus grand bénéfice de telle fraction de leur trafic que de telle autre fraction de ce trafic. Mais outre qu'il est difficile de déterminer le prix de revient du transport, il reste à savoir si le public gagnerait à l'adoption de ce système ou de tout autre système de tarification. Toute règle fixe diminuerait la capacité de concurrence du chemin de fer; la concurrence par mer gagnerait par l'adoption d'une taxation inflexible, car elle enlèverait le trafic actuel effectué à bas prix. Il faudrait donc, pour avoir le même revenu, tarifier plus haut le trafic restant.

Si des taxes uniformes étaient imposées aux compagnies, elles

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

raient plus accorder des tarifs bas comme cela se pratique
régime de la concurrence et de l'intérêt personnel.
ompagnies affirment, au surplus, qu'elles comprennent
eurs intérêts que le législateur lorsqu'on dit que les taxes
augmentent le trafic.

*a aujourd'hui un assez grand nombre de taxes plus élevées
le passé, et ces taxes, quoique perçues en conformité de la
et le développement du commerce, au détriment du public
ompagnies de chemins de fer.*

tain nombre des taxes perçues en 1882 sont supérieures
de 1870. En 1873, par suite de l'augmentation du prix des
et de la main-d'œuvre, il y eut une augmentation des
ransport. Depuis lors les prix des matières sont retombés
e 1870, et les compagnies continuent à percevoir les taxes
es,

rpéditeurs du Forfarshire et de Cornouailles soutiennent
taxes de transport actuelles pour poissons et légumes
it une si grande partie du prix de vente que le producteur
qu'un bénéfice relativement faible; quelquefois, lorsque
ages sont considérables, tout le produit de la vente est
en frais de transport et autres frais. Avec des tarifs bas,
erce de poissons de ces contrées, celui des légumes de
lles se développeraient considérablement, ce trafic serait
itageux pour les compagnies que le trafic restreint actuel
evé, et tout le monde y gagnerait.

ompagnies sont d'avis au contraire que les tarifs actuels
venables et que les réductions demandées n'amèneraient
hangement sensible dans les prix de vente du poisson.

*public trouve intolérables les difficultés qu'il rencontre pour
à la perception de taxes trop élevées ou à des faveurs illé-
ordées par les compagnies.*

and nombre de négociants se plaignent de ce qu'il est
toujours contraire à leurs intérêts de citer une compagnie
a commission des chemins de fer instituée par la loi de
s motifs qu'ils donnent sont les suivants :

s dépenses à faire pour obtenir satisfaction sont telles
aignant, même en cas de succès, éprouve presque fatale-
s pertes précuniaires.

2° Les compagnies sont, comme l'expérience le montre, si bien armées pour étendre et soutenir la lutte, que peu de commerçants peuvent lutter contre elles.

3° Les compagnies ont tant d'occasions de causer des ennuis ou de faire éprouver des pertes à ceux qui se plaindraient, en leur retirant les facilités ordinaires de transport, que, par crainte des conséquences indirectes, un négociant ne se décidera que rarement à citer une compagnie devant les commissaires des chemins de fer.

L'enquête a montré que ces plaintes étaient fondées, et que la saine appréciation de ses intérêts amène le commerçant à conclure qu'il a avantage à se laisser imposer des surtaxes ou à éprouver des dommages par suite de faveurs non justifiées accordées à d'autres commerçants, plutôt qu'à s'adresser aux commissaires des chemins de fer. Voici un exemple très instructif :

La compagnie de London-Chatham-Dover mit en vigueur, en 1881, un tarif spécial pour houblons; d'après ce tarif la taxe de Sittingburne à Londres s'élève à 11^{sh}, 8^d par tonne, plus 5 shellings par tonne, pour livraison à domicile. Le planteur de houblon prétend que la taxe légale maxima s'élève à 18^{sh}, 9^d, de telle sorte que si cette affirmation est exacte, la compagnie percevrait 16^l, 10 (12^{sh}, 11^d) par tonne en sus du maximum légal. La compagnie transporte 4000 tonnes de houblon par an; la surtaxe perçue s'élève donc à une somme assez élevée. Néanmoins le préjudice qui en résulte pour le cultivateur de houblon n'amènera pas un homme prudent à lutter contre la compagnie.

6° *Difficulté de déterminer la classe à laquelle appartient une marchandise et la taxe à percevoir en présence de la multiplicité des concessions et de l'imperfection des classifications et des tarifs incomplets.*

Toute concession de ligne contient des clauses en vertu desquelles la compagnie concessionnaire est autorisée à percevoir des taxes pour l'usage des chemins de fer. Une partie de ces clauses fixe les taxes moyennant le paiement desquelles des voitures, wagons ou locomotives peuvent circuler sur le chemin. Une autre partie indique les tarifs maxima du transport des voyageurs et des marchandises, y compris les manutentions accessoires. Une troisième partie règle les *running powers*, le droit des compagnies, dans certains cas d'utilisation de leurs lignes par des compagnies étrangères.

Les marchandises sont, en général, réparties en quatre ou cinq classes, à taxes kilométriques différentes et variables, de 0^f,062 à 0^f,31, par tonne et par kilomètre (1 à 5 deniers par tonne et mille). La houille dans certaines concessions et dans des conditions particulières, paye moins de 1 denier. La classification des marchandises est très incomplète; il n'y a d'uniformité de classification ou de taxe, ni dans les concessions des diverses compagnies, ni même dans les diverses concessions d'une même compagnie.

Presque chaque compagnie perçoit des taxes d'après diverses concessions applicables à des fractions de son réseau. L'enquête a montré que dans quelques cas il fallait tenir compte de plus de cinquante concessions pour établir la taxe maxima autorisée.

Quelques compagnies ont une classification des marchandises applicable au trafic transit et de correspondance et au trafic local; tandis que d'autres compagnies ont une classification spéciale pour le trafic local.

La commission d'enquête a examiné la question de savoir comment une compagnie devait fixer la taxe à percevoir pour un article déterminé en tenant compte des tarifs appliqués aux produits similaires transportés dans les mêmes conditions. Les compagnies prétendent qu'elles ont le droit de fixer une taxe quelconque inférieure au maximum légal, et qu'on ne peut les empêcher de percevoir pour un article une taxe plus élevée que pour un autre article, alors même que les dépenses de transport sont les mêmes dans les deux cas. Elles soutiennent même qu'elles peuvent percevoir, comme dans le cas des transports de viande de Glasgow à Londres, des taxes différentes pour les mêmes marchandises expédiées dans les mêmes conditions à divers destinataires.

Il résulte des dépositions des directeurs des compagnies anglaises, que nulle part on n'a appliqué en Angleterre un principe ou un système dans la fixation des taxes. Ils font payer à la marchandise tout ce que, d'après leur opinion, elle peut payer, en tenant compte de la concurrence d'autres voies de transport ou d'autres marchés; on prend tout ce qu'on peut obtenir, sans avoir égard aux prix de revient des transports. Les compagnies considèrent qu'il n'est pas possible de fixer avec exactitude les taxes de certaines catégories de marchandises d'après les prix de revient du transport. Les compagnies ne veulent transporter aucune marchandise à perte, et même avec les taxes les plus faibles gagner un peu plus que le prix de revient, sans tenir compte des intérêts du capital.

Pas un témoin ne s'est prononcé pour l'adoption de taxes kilométriques uniformes ; mais beaucoup se sont plaints des inégalités des taxes perçues par les compagnies, et ont fait ressortir les avantages d'une tarification basée sur un principe rationnel plutôt que sur l'arbitraire.

La commission d'enquête a vainement cherché à trouver un principe général d'après lequel les taxes étaient fixées et d'après lequel les marchandises étaient réparties dans les diverses classes.

Il est fort difficile à l'intéressé de déterminer quelle est sur un réseau étendu la taxe maxima autorisée pour le transport d'une catégorie déterminée de marchandises.

L'enquête a montré que les livrets de tarifs et de classification prescrits par la loi de 1873 n'étaient que d'une mince utilité pour le public. Ces livrets sont incomplets, et les employés de chemins de fer refusent quelquefois de les laisser consulter par les intéressés. Les compagnies assurent, il est vrai, qu'elles ont donné à leurs agents des instructions générales de soumettre ces livrets à toute personne qui en ferait la demande, et qu'on ne faisait que rarement usage de ces livrets. Cela se conçoit facilement, car ces livrets sont si peu rationnels que tout le monde préfère s'adresser à l'agent compétent pour demander les taxes plutôt que d'étudier ces livrets.

Les compagnies soutiennent que tant qu'il existera des réseaux concurrents il ne sera pas possible de fixer des bases simples et uniformes pour les tarifs de marchandises, et que les inconvénients résultant de la complication et de l'incertitude des tarifs peuvent être évités en suivant le procédé usuel du commerce, à savoir de demander par écrit les taxes aux compagnies.

Une clause obligeant les compagnies à donner des renseignements exacts sur tous leurs tarifs a été introduite dans toutes les concessions de la dernière session du Parlement.

La commission d'enquête est d'avis qu'il n'y a pas lieu d'imposer aux compagnie le système de l'uniformité des tarifs.

7° Plaintes formulées par le commerce et les compagnies de canaux contre les compagnies de chemins de fer, contre l'exploitation des canaux appartenant à ces dernières ou placés sous leur influence.

L'enquête a montré que certaines compagnies de chemins de fer devenues propriétaires d'un canal ou entrées en possession du contrôle d'un canal, ont cessé l'exploitation sur le canal ou ont perçu des droits de péage exagérés, surtout pour le trafic de

transit, de telle façon que le trafic du canal a été détourné par le chemin de fer. Une fois le détournement opéré, la compagnie de chemins de fer a augmenté ses tarifs, au grand détriment du public et du commerce.

La commission d'enquête est d'avis que ces plaintes sont fondées.

Sans doute, il ne peut pas être défendu à une compagnie de chemins de fer de renoncer aux revenus d'un canal qui lui appartient, parce qu'elle pense qu'elle tirera un plus grand profit du chemin de fer concurrent du canal; là où le canal forme une partie d'une route concurrente de transit, la compagnie a intérêt, en règle générale à peser sur ce trafic de transit.

Les transports peuvent être effectués souvent à meilleur marché par les canaux que par les chemins de fer, surtout lorsqu'il s'agit de marchandises lourdes, de peu de prix, qui n'exigent pas un transport rapide.

La commission d'enquête considère, en conséquence, comme impolitique que des compagnies de chemins de fer aient un contrôle direct ou indirect sur la navigation des canaux; elle recommande au Parlement de s'efforcer, là où existe un pareil contrôle, d'assurer l'usage libre le plus étendu des canaux.

8° Plaintes relatives au trafic des voyageurs.

Ces plaintes sont plutôt de nature locale que générale, et n'ont pas grande importance.

On se plaint surtout de ce que le nombre des trains avec voitures de 3^e classe est insuffisant; de ce que les trains ne présentent pas des installations assez commodes pour le public; de ce que dans certains cas on perçoit des taxes supérieures ou égales pour un parcours plus petit qu'un autre parcours de la même route; de ce que dans le sud de l'Angleterre les tarifs de voyageurs sont plus élevés, en général, que dans d'autres parties de l'Angleterre.

La commission d'enquête est d'avis que la concurrence qui existe pour le trafic des voyageurs suffit pour amener des améliorations satisfaisantes; que les anomalies indiquées au cours de l'enquête disparaîtront par suite de la politique d'égalisation et de simplification des tarifs de voyageurs adoptée par les compagnies anglaises; que, pour le surplus, les plaintes formulées sont à porter devant les commissaires des chemins de fer, dont la compétence est incontestable.

9° *Desideratum relatif à la commission des chemins de fer.*

Dans le cours de l'enquête, on a aussi examiné et discuté la nature et la composition du tribunal devant lequel les parties lésées peuvent se faire rendre justice. La commission pense que ce tribunal devrait être permanent. Le caractère temporaire qu'il a eu jusqu'à présent a été souvent un motif d'empêchement à son fonctionnement. La commission d'enquête croit aussi que cette commission des chemins de fer a été d'un grand intérêt public, non seulement dans les cas où l'on s'est adressé à elle, mais aussi en empêchant des procès entre les compagnies et le public.

La commission d'enquête ne recommande pas, ainsi que le proposent les représentants de puissantes compagnies de chemins de fer, le remplacement par un seul juge des trois juristes et de l'homme versé dans les affaires des chemins de fer qui composent aujourd'hui cette cour de justice. Mais il paraît désirable de permettre l'appel contre les décisions de la commission des chemins de fer, à savoir, à la cour d'appel pour l'Angleterre et l'Irlande, et à un tribunal parlementaire pour l'Écosse,

La commission d'enquête propose en outre d'étendre la compétence et les attributions de la commission des chemins de fer. La principale de ces nouvelles attributions serait le droit de fixer elle-même des taxes directes sur plusieurs chemins concurrents sur base de la plus courte distance.

Les conclusions et les propositions de la commission d'enquête ont été soumises au Parlement anglais. Elles donneront lieu à des discussions et peut-être à une opposition sérieuse de la part d'une fraction du Parlement; car un grand nombre d'administrateurs et de directeurs de compagnies de chemins de fer siègent au Parlement. Les *desiderata* de la commission d'enquête ne pourront être érigés en loi que par un vote favorable du Parlement.

Paris en octobre 1882.

de l'Académie des sciences se divisait, avant la Révolution, en un grand nombre de catégories telles que

Membres honoraires,	Associés libres,
Pensionnaires vétérans,	Associés vétérans,
Pensionnaires ordinaires,	Associés ordinaires,
	Associés étrangers.

Le nom de Perronet a toujours figuré dans la section des *associés libres*, ainsi qu'on peut le vérifier dans l'*Almanach royal* de chaque année.

En ce qui concerne Bernardin de St-Pierre, M. Charié-Marsaines indique que le célèbre écrivain est entré à l'École des Ponts et Chaussées en 1757, qu'il a plus tard occupé un emploi d'ingénieur à l'île de France, et qu'en conséquence il devrait figurer sur notre liste comme membre du Corps des Ponts et Chaussées ayant fait partie de l'Académie française.

J'ai prié M. Cheysson de m'aider à résoudre ce point d'histoire assez obscur et il résulte de nos recherches ce qui suit :

Bernardin de St-Pierre, né en 1737 a été admis en 1757 à l'établissement d'instruction dirigé depuis 1747 par Perronet sous le titre de *Bureau des Plans et des élèves pour l'emploi d'Ingénieur*.

Le titre d'École des Ponts et Chaussées figure officiellement pour la première fois dans une instruction de Turgot du 19 février 1775, et néanmoins l'ancienne dénomination se trouve encore seule dans l'*Almanach royal* de 1779.

Quoi qu'il en soit, le bureau des dessinateurs fut licencié en 1758 par mesure d'économie, et, après une courte mission sur les travaux et huit années d'une existence très agitée comme ingénieur militaire à Malte, en Allemagne, en Hollande, en Russie et en Pologne, Bernardin de St-Pierre obtint en 1766 un brevet d'ingénieur colonial et passa trois années à l'île de France, sous les ordres de M. de Bueil ingénieur en chef.

Nous ne pensons pas que ces détails nous autorisent à inscrire le nom de l'auteur de *Paul et Virginie* sur les listes du Corps des Ponts et Chaussées, et nous nous bornons à les mettre sous les yeux des lecteurs des *Annales*

17 mars 1883.

N° 17

ÉTUDE

SUR

LA SITUATION PHYSIQUE ET MORALE DES OUVRIERS
DES GRANDS CHANTIERS

Par M. H. de LAGRENÉ, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

INTRODUCTION

En parcourant nos *Annales des Ponts et Chaussées*, si riches en documents techniques et scientifiques sur toutes les matières qui intéressent les travaux publics, on peut s'étonner de n'y rencontrer aucune étude ni même aucun renseignement sur la situation physique et morale des ouvriers de nos grands chantiers.

Le dernier de nos manœuvres n'est cependant pas simplement un instrument de travail soumis à la loi de l'offre et de la demande et représenté par un certain prix de location comme un moteur quelconque. On observe tout d'abord qu'il possède une force morale qui n'est pas sans action sur sa force physique, mais c'est là le petit côté de la question. Ce qui nous préoccupe bien davantage en assistant aux travaux souvent pénibles exécutés par nos ouvriers, c'est de savoir s'ils souffrent, s'ils pensent à leur famille, à leur avenir, s'ils se conduisent paisiblement et honnêtement, si leurs faiblesses ne sont pas exploitées à leur détriment, s'ils élèvent quelquefois leurs pensées au-dessus des préoccupations matérielles de chaque jour :

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

ot, nous éprouvons le besoin de veiller sur eux, et nous croyons que c'est un devoir que le public ne méconnaît. mais qui n'est formé ni dans nos cours, ni dans nos recueils périodiques et dans quelles limites cette surveillance doit-elle être exercée? doit-on en faire l'objet de conférences officielles ou la confier simplement à l'initiative officieuse de chaque ingénieur? Quels moyens de la rendre efficace? Telle est l'essence du problème dont l'étude nous paraît mériter la solution intéresse une fraction importante de la population.

Il nous faut de chercher à formuler cette solution en tenant compte de la situation actuelle en examinant ce qui se fait sur les grands chantiers.

Dans le présent article nous nous bornons à donner les éléments que nous avons recueillis avec le concours du service, et si d'autres ingénieurs veulent continuer la même étude et apporter leurs observations, les mesures à prendre seront ensuite discutées et déterminées plus sûrement. Mais, nous aurons appelé l'attention sur une question délicate qui mériterait d'être traitée par une commission plus compétente.

Suivi dans cette étude. — Nous avons demandé à nos ingénieurs ordinaires ou à nos collaborateurs de dresser un programme des faits à constater sur nos chantiers; les observations recueillies ont ensuite été transmises, et c'est grâce à elles que nous avons pu rédiger la présente étude. Les collaborateurs ont été M. l'ingénieur Leconte, les conducteurs Thomas, Blot et Haudiquet. Cette étude nous a montré que les mêmes faits se produisent presque identiquement d'un chantier à un autre, et nous allons dire s'applique donc à l'ense-

nos chantiers, sauf à signaler en passant quelques détails particuliers à l'un ou à l'autre.

Nous donnons d'abord dans le premier chapitre des renseignements généraux qui comprennent : le mode de recrutement des ouvriers, leur mode d'engagement, les heures de travail, l'emploi des jours de repos, la nourriture, le logement, les vêtements, le service médical, les salaires divers, l'emploi du temps en dehors du chantier, l'emploi des économies réalisées sur les salaires.

Dans le second chapitre nous prenons en particulier un ouvrier de chaque espèce et nous examinons son budget. Nous avons éprouvé quelques difficultés à réunir les éléments de notre étude, d'abord parce que les ouvriers ne consentent pas facilement à nous mettre au courant de leurs affaires, et ensuite parce que l'Administration des Postes, tenue au secret professionnel, n'a pas consenti à nous faire connaître le montant des sommes d'argent envoyées par son intermédiaire aux familles, de sorte que les déclarations reçues à ce sujet n'ont pu être contrôlées comme nous l'aurions désiré pour connaître exactement l'emploi des économies de fin d'année.

CHAPITRE PREMIER

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

§ 1^{er}. — *Mode de recrutement.*

Les ouvriers des diverses catégories se recrutent de diverses manières, comme nous allons l'expliquer.

Terrassiers et manœuvres. — Quatre ou cinq chefs terrassiers sont attachés à chaque entrepreneur et dirigent les équipes.

Les terrassiers ordinaires sont composés d'ouvriers de la localité, d'ouvriers français étrangers à la localité (chemineaux), d'Italiens et, par exception, de Belges.

Ces ouvriers viennent s'offrir au chef d'équipe à la tâche selon ses besoins.

Il n'existe pour les terrassiers aucune organisation de compagnonnage ou de maison-mère. Ils sont payés à la tâche. — Les entrepreneurs ont quelquefois dans leur personnel permanent des maçons, mais ceux-ci, quand ils n'ont pas de maçonneries, sont occupés à des travaux divers; ces chefs d'équipe retournent néanmoins pendant la mauvaise saison dans leur pays où ils reçoivent des entrepreneurs l'avis de la campagne à laquelle ils doivent revenir et du nombre d'apprentis et de compagnons qu'ils doivent amener avec eux.

Si pendant la campagne les travaux exigent un personnel plus nombreux, les entrepreneurs vont en ville, à Paris, sur la place de Grève ou chez un marchand de vin; la salle sert de réunion habituelle aux maçons. Dans ce cas, le prix de l'heure de travail est fixé d'avance et, en outre, les entrepreneurs ont à payer une indemnité de déplacement et de logement pour un minimum de journées de travail.

Quand une équipe est chargée d'exécuter quelque chose à la tâche, les maçons commencent par faire un certain triage afin d'égaliser autant que possible le travail, le chef d'équipe ne touche qu'une part égale à celle des autres.

Les maçons n'ont pas de société de compagnons; quand la campagne terminée, ils retournent dans la Creuse ou dans le Puy-de-Dôme, où habitent généralement leurs familles. Ils portent leurs économies et emploient leur hiver à des travaux d'intérieur. Ils se marient dans leur pays et leurs fils devenus grands les accompagnent comme aides-maçons, puis formés sous leur direction deviennent de bons ouvriers, sobres et travailleurs.

Le que nous venons de dire ne s'applique

travaux de maçonnerie exécutés dans l'air comprimé; là tous les maçons et tous les terrassiers ou manœuvres sont Italiens ou Autrichiens. Ces étrangers se contentent d'un prix que n'acceptent pas les ouvriers français, et ils se prêtent mieux aux exigences du travail dans les caissons. Ils sont amenés par les entrepreneurs avec lesquels ils ont déjà fait divers travaux en France et hors de France, ou sont recrutés par les contremaîtres qui sont également étrangers.

Tous les maçons sont payés à l'heure, sauf le cas assez rare d'un travail à la tâche.

Charpentiers. — Deux ou trois charpentiers sont attachés d'une manière permanente à l'entreprise; à défaut de travaux spéciaux, ils s'occupent des installations et de l'entretien du matériel de transport; les autres charpentiers sont recrutés suivant les besoins, soit parmi les ambulants, soit parmi ceux du pays. Autant que possible, les entrepreneurs font travailler les charpentiers à la tâche, à cause de leurs exigences et du peu de travail qu'ils produisent.

Il existe entre les ouvriers charpentiers une société de compagnonnage, mais les anciens grades qui étaient obtenus par la production d'un chef-d'œuvre ont été supprimés; on n'y tient plus compte des capacités individuelles, et le mauvais ouvrier doit être payé au même taux que le bon; la société facilite les réunions et est utilisée pour discuter les intérêts des charpentiers, débattre les questions de salaires et de grèves, etc.

Les charpentiers sont payés à l'heure ou à la tâche.

Mécaniciens et chauffeurs. — L'entreprise occupe plusieurs mécaniciens pour la conduite des pompes d'épuisement, des pompes soufflantes, des manèges à mortier, des grues, etc.; ces mécaniciens sont généralement adressés de confiance aux entrepreneurs par les constructeurs de machines; ils sont payés au mois et le prix est fixé après le premier mois de travail.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

Les chauffeurs viennent s'offrir sur le chantier; ils sont ment payés au mois, mais ne remplissent pas leurs engagements aussi régulièrement que les mécaniciens et partent souvent avant la fin du mois.

Forgerons. — Les forgerons employés à la réparation du matériel de l'entreprise sont peu nombreux; ils sont recrutés chez les constructeurs de machines et dans le pays; ils sont payés à l'heure.

Taillieurs de pierre. — Les tailleurs de pierre se recrutent auprès des maîtres carriers; ils travaillent toujours à tâche. Leurs anciennes sociétés de compagnonnage ont aujourd'hui disparu.

§ 2. — *Mode d'engagement.*

Les engagements entre les ouvriers et les entrepreneurs sont faits par les chefs d'équipe qui les représentent sont toujours verbaux. En général, ce n'est qu'après quelques jours de travail que le chef d'équipe fixe le salaire d'après l'aptitude de l'ouvrier; si l'ouvrier se trouve assez payé il reste, sinon, il se fait immédiatement régler en acceptant pour son travail le prix indiqué par le chef de chantier, puis il va chercher du travail autre part.

Les engagements verbaux n'ont soulevé jusqu'à présent aucune discussion entre ouvriers et patrons.

§ 3. — *Heures de travail.*

La durée du travail journalier sur le chantier varie de 9 heures suivant la saison, et comme l'indique le tableau ci-dessous; cette durée est partagée par un temps d'arrêt qui varie de 1 heure à 2 heures, et qui comprend un repas.

MOIS.	HEURES DE TRAVAIL		DURÉE du travail journalier.	OBSERVATIONS.
	le matin.	l'après-midi.		
	heures.	heures.	heures.	
Janvier.	7 à 11	midi à 5	9	
Février.	7 à 11	midi à 5	9	
Mars.	6 à 11	midi à 5	10	
Avril.	5 1/2 à 11	midi à 6 1/2	12	
Mai.	5 à 11	midi 1/2 à 6 1/2	12	
Juin.	5 à 11	1 à 7	12	
Juillet.	5 à 11	1 à 7	12	
Août.	5 à 11	1 à 7	12	
Septembre. . . .	5 à 11	1 à 7	12	
Octobre.	6 à 11	midi à 6	11	
Novembre. . . .	6 1/2 à 11	midi à 5 1/2	10	
Décembre. . . .	7 à 11	midi à 5	9	

Dans l'air comprimé le travail est continu, les équipes se remplacent de 6 heures en 6 heures, de sorte que chaque ouvrier travaille 12 heures par jour.

§ 4. — *Jours de repos.*

Les jours de repos sont les dimanches et les jours fériés ou admis comme tels par l'usage, savoir : le 1^{er} janvier, Pâques, l'Ascension, la Pentecôte, la Fête Nationale, la Toussaint et Noël.

Mais le repos n'a généralement lieu que l'après-midi; on travaille tous les dimanches jusqu'à 11 heures; toutefois, peu d'ouvriers du pays veulent prendre part à ce travail du dimanche matin. Par contre, certains ouvriers préfèrent ne pas se reposer l'après-midi du dimanche, afin de gagner davantage; d'autres sont retenus par des travaux urgents, de sorte que tout le monde ne profite pas régulièrement d'un demi-jour de repos par semaine.

Pour les travaux à l'air comprimé, il n'y a de jours de repos que quand une chambre est remplie, ou quand une machine soufflante a besoin de réparation, ou dans quelque autre cas fortuit.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

5. — *Emploi des jours de rep*

des jours de repos se fait de
suivant l'ouvrier que l'on considère
du pays reste généralement da
un jardin ou fait ses provisions
il fréquente le cabaret.

français étranger à la localité
es soins de propreté, mais il fré

ns ou Autrichiens se réunissent
vingt ou trente; ils chantent en
on, se promènent ou lisent à h
leur pays, ils se querellent ra
rares exceptions, ils ne sont pas
ançais.

chantiers où il n'y a que des Fran
fois interrompu le lundi faute
outefois les travaux de maçon
nt sobres et rangés; mais, co
ous avons beaucoup d'étranger
une exception rare. Le 1^{er} octob
até sur le chantier du barrage

279 ouvriers dont :

128 Français,
73 Italiens,
76 Autrichiens,
<u>2 Belges.</u>

. . . . 279

sension du travail en cas de m

3 mauvais temps les ouvriers tra
uvent, car ils ne sont plus pa
chantier; on utilise autant qu
métier, comme les maçons, forg

des travaux à l'abri de la pluie; mais les terrassiers subissent un chômage complet, quand ils sont chassés du chantier par le mauvais temps.

§ 7. — *Nourriture.*

Les ouvriers de la localité prennent généralement leurs repas chez eux; mais la plupart des ouvriers se nourrissent aux cantines du chantier; quelques-uns cependant trouvent les prix des cantines trop élevés et préfèrent préparer eux-mêmes leurs aliments; dans ce cas, ils vivent deux par deux, préparent leur souper le soir en rentrant, et emportent les restes pour le déjeuner du lendemain.

La nourriture des cantines est à peu près la suivante :

1° Le matin, avant l'ouverture du chantier, une soupe ou plutôt un bouillon, dont le prix rentre dans celui du logement; l'ouvrier trempe son pain lui-même dans le bouillon, il prend ensuite un verre d'eau-de-vie ou de vin ou même un demi-litre de cidre avec du pain et du fromage; ce premier déjeuner coûte en moyenne. . . 0^f,25

Quelquefois ce menu est remplacé par un bol de café noir avec du pain.

2° A onze heures : bouillon dans lequel l'ouvrier trempe encore son pain, une portion de bœuf avec légumes comprenant environ 165 grammes de viande; cette portion coûte avec le bouillon. 0^f,50

Elle est quelquefois remplacée par une côtelette de mouton ou de porc, une tranche de gigot avec des légumes, etc., mais le prix de la portion est toujours de 0^f,50.

Un fromage au prix de. 0^f,10

Un demi-litre de vin.. . . . 0, 40

Le café noir avec eau-de-vie.. . . . 0, 40

Le dîner ainsi composé coûte environ. 1^f,40

mais il ne comprend pas le pain; l'ouvrier achète réellement un pain de 2 kilogrammes, qui dure un demi.

3° Le repas du soir est à peu près le même que de onze heures; mais le bœuf est souvent remplacé ragoût de mouton, trois œufs ou un rôti quelconque.

Le repas du soir coûte en moyenne.

Au lieu de servir à la portion, quelques cantines rissent à prix fixe; nous pouvons citer dans ce cantine du chantier de la Garenne où prennent part tailleurs de pierre, mécaniciens et charpentiers : de. par jour non compris le coucher, ni le premier repas du matin; pour ce prix ils ont :

A onze heures, une soupe, deux plats de viande, de légumes, une bouteille de vin, une demi-tasse avec eau-de-vie et du pain à discrétion;

Le soir, une soupe, deux plats de viande, un légumes, une bouteille de vin et du dessert avec discrétion.

Sur le bief de Rouen, la cantine est tenue par dragueur à bord du bateau qui lui sert d'habitat; les prix courants sont les suivants :

Le matin, un bol de café noir.

A midi, un potage.

une portion de viande.

une salade.

un café.

un litre de boisson.

Le soir, comme à midi.

Pain à discrétion pour toute la journée.

Les ouvriers qui fréquentent cette cantine dépensent moyennement par jour pour leur nourriture. . . .

Les détails qui précèdent ne s'appliquent pas aux Tyroliens, qui vivent par bandes et préparent eux

leurs aliments; ils se réunissent au nombre de dix ou quinze, chargent l'un d'eux des acquisitions et des soins du ménage; dans certains cas, c'est la femme d'un de ces ouvriers étrangers qui prépare leur nourriture et s'occupe du blanchissage et du raccommodage.

Leur nourriture se compose ordinairement de farine de maïs ou de blé cuite avec de la graisse, de pâtes d'Italie, de pain, de lait, de fromage, de pommes de terre et d'environ 300 grammes de viande par jour et par individu; la boisson est de l'eau, rarement mélangée d'un peu de vin; la dépense ne dépasse guère. 1^f,50 par homme. Cette nourriture nous paraît insuffisante, aussi l'ouvrier italien est-il plus mou que l'ouvrier français, et peut-être les entrepreneurs auraient-ils avantage à payer un peu plus cher les heures de travail dans l'air comprimé, de manière à pouvoir y employer des Français.

Nous laissons de côté l'étude de l'installation des Tyroliens pour donner quelques détails sur l'organisation et le règlement des comptes des cantines.

Chaque cantine comprend d'abord une cuisine dans laquelle est installé un grand poêle nommé « cuisinière, » qui sert à la cuisson des aliments; à côté est une pièce dans laquelle se trouve un comptoir et des tables de 0^m,50 de largeur, avec bancs de chaque côté; la plus grande de ces salles a 10 mètres sur 6, et une hauteur de 2^m,50; elle peut contenir 50 personnes; un poêle placé au milieu chauffe la pièce en hiver.

Au moment de l'arrivée des ouvriers à la cantine, les cuillères, fourchettes et couteaux sont sur les tables; à mesure que les ouvriers prennent place, une domestique demande à la cuisine les aliments désignés par chacun; ces aliments sont passés par un guichet et apportés sur la table. Après chaque repas, l'ouvrier se présente devant le comptoir, il rappelle au cantinier le détail de la dépense; le total est aussitôt inscrit d'une part sur le registre du

DOCUMENTS.

e carnet qu

inier se p

prise et re

e l'ouvrier;

le livre du

rement doi

de l'acomp

salaire dû

le montan

epas du sa

r compte

au total

is-à-vis du

ent les dép

e, et le dé

sur le carne

e voit, le ca

souvent d

aussures;

icatesse qu

s. On sait

t se faire

a déclarati

antie préala

résulte en

somment

alcools fal

it les ouvrie

épenses et

nous copi

sieur Mar

antier de

embre 188

DATES.	DÉPENSES du sieur Mary Alexandre.	ACOMPTE de l'entreprise perçus par le cantinier.	OBSERVATIONS.
1881. 2 décembre.	fr. c. 4 05	fr. c.	
3 —	2 10		
4 —	2 30		
5 —	2 20		
6 —	2 10		
7 —	3 65		
8 —	2 35		
9 —	5 25		
10 —	2 50	50 00	
11 —	5 65		
12 —	2 50		
13 —	3 55		
14 —	4 00		
15 —	2 30		
16 —	3 30		
17 —	2 85	20 00	
18 —	1 70		
19 —	1 50		
20 —	2 90		
21 —	1 50		
22 —	4 50		
23 —	2 20		
24 —	2 30	15 00	
25 —	3 20		
26 —	2 50		
27 —	1 65		
28 —	2 20		
29 —	2 30		
30 —	4 00		
31 —	34 60	40 00	Linge et effets.
1882. 1 janvier.	10 80		Chaussures.
2 —	3 55		
3 —	5 80		
4 —	6 25		
5 —	3 15		
6 —	2 70		
7 —	7 05	20 00	
8 —	7 45		
9 —	5 45		
10 —	"		
11 —	3 40		
12 —	2 90		
13 —	2 75		
14 —	2 05	20 00	
15 —	1 30		
A reporter. .	181 90	165 00	

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

fr. c.	fr. c.	
181 90	165 00	
1 60		
1 75		
5 70		
4 00		
1 15		
1 70	25 00	
1 65		
5 65	25 00	
1 25		
3 65		
1 20		
5 90		
3 15	30 00	
5 50		
7 75		
1 80		
3 80		
5 95		
5 00		
5 65	25 10	
12 00		2 mois d
263 70	270 10	

ier, le cantinier a remis au sie
 formant l'excédent de ses aco
 a quitté le chantier après avoir
 issons dans une autre cantine.
 mbre 1881 au 4 février 1882 il a
 à 0',40 et avait ainsi gagné. . .
 , la retenue de 2 p. 100 faite
 ir.
 e payé.
 a donc été complètement dépens
 is argent.
 ant les acomptes de chaque clie

qui, comme nous l'avons dit, diffèrent très-peu du montant du salaire dû, le cantinier connaît la somme gagnée par chacun; il sait donc à quel moment il doit arrêter ses fournitures pour ne pas se mettre en avance, et il ne court ainsi aucun risque, à moins que, par exception, à la suite d'une paye générale, l'ouvrier ne quitte le chantier avec l'argent qu'il a reçu directement et sans régler ses dépenses; dans ce cas, très rare, le cantinier n'a pour garantie que le petit mobilier abandonné et se composant généralement d'une pelle, d'une pioche, d'une blouse, d'une chemise, et d'un pantalon de toile.

§ 8. — *Logement.*

Les ouvriers se logent tantôt chez les habitants du voisinage, tantôt dans des granges ou des bâtiments sans emploi, tantôt dans les cantines.

Les chambres louées chez l'habitant se payent très cher, soit 15 à 20 francs et même 25 francs par mois; chaque chambre est munie d'un assez bon lit qu'occupent deux ouvriers.

Les Italiens et Autrichiens se logent de préférence dans les granges, par bandes de 10 à 30; les propriétaires y installent des lits en planches avec paillasses, chaque couchette est occupée par deux hommes qui payent chacun de 7 à 9 francs par mois.

Quant aux logements formant dépendances des cantines, ils sont habituellement placés sous les toits, au-dessus des salles de repas, la toiture, formée de tuiles ou de carton goudronné, laisse passage à l'air et aux variations extérieures de la température; chaque dortoir comprend de 5 à 12 lits dont chacun est occupé par deux hommes; la capacité intérieure du dortoir varie de 0^m,60 à 0^m,75 par homme, le cube d'air est donc insuffisant, mais les interstices de la toiture atténuent un peu ce défaut.

et deux paires de chaussettes. Le vêtement de travail consiste en un pantalon de drap, une chemise de grosse toile, une veste et un chapeau.

Le blanchissage et le raccommodage sont confiés généralement aux soins du cantinier, qui emploie les ménagères du pays; le cantinier paye la blanchisseuse et porte en compte la dépense sur le carnet de l'ouvrier.

Les prix de blanchissage sont les suivants :

Chemise.	0 ^f , 30
Pantalon de toile.	0, 25
Mouchoir.	0, 05
Gilet.	0, 25
Caleçon.	0, 25
Paire de chaussettes.	0, 10
Blouse.	0, 25

§ 10. — *Service médical.*

Le service médical est organisé sur les chantiers conformément aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 15 décembre 1848 et des circulaires ministérielles des 25 juillet 1849 et 22 octobre 1851. Pour subvenir aux frais de ce service, les entrepreneurs font subir aux ouvriers une retenue de 2 p. 100 sur leur salaire.

On trouvera à la suite de cette étude le règlement appliqué sur les chantiers de la Garenne et de Poses et les clauses relatives à la caisse de secours pour les ouvriers de l'entreprise.

Un médecin spécial est affecté à chaque chantier et payé par abonnement; autant que possible nous nous entendons avec l'entrepreneur pour que le même médecin soit attaché aux ouvriers de l'entreprise et à ceux de la régie; il reçoit chaque mois 100 francs de l'entreprise et 25 ou 50 francs de la régie; il doit visiter le chantier une ou deux fois par semaine et venir dans les cas urgents. Il peut y avoir inconvé-

Charpentier gâcheur.	0 ^f ,70
Charpentier compagnon.	0, 65
Charpentier du pays.	0, 60
Charron.	0, 60
Magasinier et gardien de nuit.	0, 50
Marinier.	0, 50
Plongeur au scaphandre.	2, 00
Chef d'équipe dans l'air comprimé.	0, 70
Manceuvre dans l'air comprimé.	0, 55

Les paiements sont faits soit par des acomptes au cantinier, comme nous l'avons expliqué, soit directement au guichet de l'entreprise, à jour fixe, tantôt chaque quinzaine, tantôt chaque mois, suivant les dispositions prises par l'entrepreneur et affichées sur le chantier.

Les paiements de l'entreprise sont toujours faits en argent et non en objets divers de consommation.

L'entreprise ne fait jamais d'avance, les acomptes restant toujours inférieurs ou égaux au salaire dû. Il peut y avoir exception à cette dernière règle en cas de maladie d'un ouvrier.

§ 12. — *Emploi des économies.*

Les terrassiers, les chauffeurs et les charpentiers ne font généralement aucune économie; ces derniers passent même pour laisser quelquefois des dettes sur le chantier, malgré leur salaire relativement élevé. L'ouvrier du pays qui, avant l'ouverture de nos chantiers, gagnait à peine les deux tiers de son salaire sur nos travaux, n'économise pas non plus; le cabaret absorbe la différence. Les Bretons font exception, ils font peu d'excès de boisson et emportent leur argent ou l'envoient à leur famille à raison de 25 francs à 60 francs par mois; il en est de même des maçons, qui envoient régulièrement à leur famille une somme d'argent, employée le plus souvent à l'acquisition de quelques parcelles de terre.

Eau-de-vie.	26 ^f ,00	26 ^f ,00
Savon et potasse.	39, 00	62, 40
Éclairage.	31, 20	20, 80
Chaussures.	78, 00	130, 00
Fil et laine.	15, 60	10, 40
Vêtements.	130, 00	104, 00
Combustible.	156, 00	130, 00
Logement.	117, 00	130, 00
Tabac.	36, 40	39, 00
Dépense totale annuelle.	<u>1949^f,60</u>	<u>1835^f,60</u>
Moyenne.		1892 ^f ,60

Pour chacun de ces deux ménages, le salaire du père correspond pour toute l'année à 3200 heures de travail à 0^f,40 formant un produit de

1280, 00

Il reste donc à couvrir un excédent de dépenses de.. . . . dans le premier ménage, et de. . . . dans le second. Pour y parvenir, la femme va travailler en fabrique où elle gagne 60 francs par mois, soit pour l'année. 720^f,00

669^f,60

555^f,60

Mais pour aller en fabrique, il faut que les deux enfants soient donnés en garde à une personne étrangère moyennant un salaire mensuel de 45 francs, soit pour l'année. 540 00

Différence.

180, 00

de sorte qu'il reste encore un déficit de.. . . . pour le premier ménage, et de. . . . pour le second.

489^f,60

375^f,60

ET DO

ouver

trop
nstatu
e fan

ieron.
es d'
s avc

pagn
er de

. . .
heur
anné

on m
e la

. . .
heur
'anné

gnon charpentier marié, ayant
ant en famille près du chantier
).

dant l'année. 2 121^f,60
ures à 0 fr. 65. 2 340
'année. ——— 211

§ 5. — *Budget d'un mécanicien marié, ayant une fille de 14 ans et habitant en famille à 5 kilomètres du chantier (chantier de la Garenne).*

Dépense du ménage pendant l'année. . . .	2 285 ^f ,40
Salaire du mari, 12 mois à 200 francs. . .	2 400, 00
Reliquat au bout de l'année.	<u>1 114^f,60</u>

§ 6. — *Budget d'un charron marié, père d'un jeune enfant (chantier de Saint-Aubin).*

Dépense annuelle du ménage	Habitation.	150 ^f ,00	
	Vêtements et chaussures	250, 00	
	Nourriture, blanchis-		
	sage, entretien. . . .	1 400, 00	
	frais de maladie et de gar-		
	diennage de l'enfant.	160, 00	
		<u>1 960^f,00</u>	
Recette	Salaire du mari. . . .	1 800 ^f ,00	
	Travail de la femme. . .	360, 00	
		<u>2 160, 00</u>	
	Reliquat au bout de l'année.		200 ^f ,00

§ 7. — *Budget d'Alino Piétro, maçon italien travaillant à l'air comprimé (chantier de Saint-Aubin).*

Dépense de l'année.	900 ^f ,00
Salaire de l'année.	2 100, 00
Reliquat au bout de l'année.	<u>1 200^f,00</u>

L'économie réalisée est moins forte sur le chantier de Poses, où le budget d'un maçon italien travaillant à l'air comprimé est le suivant :

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

année.
née, 3530 heures à 0^f,4

bout de l'année. . . .
sente assez exactement
on italien travaillant d
imé, soit à l'air libre.

ici le compte rendu d
a-t-on que nous somme
pendant nous avons ch
notre dossier bien des r
> allongé notre étude.

e 1882.

ANNEXE N° 1.

OTRE-DAME DE LA GARENT

RÈGLEMENT.

INITAIRE, BASÉ SUR L'ARRÊTÉ
LIGS EN DATE DU 15 DÉCEMBR
DES 25 JUILLET 1849 ET 22 0

es ouvriers atteints de bl
les par les travaux, apri
s secours de l'art, sero
d ou à domicile.

eurs assureront l'exécuti
ontrôle de l'Administra
oint de vue des soins .
penses à faire dans ce b
n de permettre et de fa
la manière suivante :

rier tombera malade o
entrepreneurs transmett
on, un bulletin extrait d'

et composé de trois coupons sur lesquels seront indiqués le nom et les prénoms, l'âge, la profession, le domicile, le salaire du malade; s'il est marié, s'il est célibataire, s'il a des charges de familles, etc.

Le premier de ces coupons sera destiné au chef de section, le deuxième au médecin chargé de donner des soins au malade, le troisième à l'hôpital dans lequel devra être soigné le malade, s'il y a lieu.

Le chef de section, après avoir vu le malade, et s'être assuré qu'il appartient bien à l'entreprise et que la maladie ou l'accident peut être considéré comme conséquence des travaux, visera le bon destiné au médecin, et en cas d'urgence, avant même la visite du médecin, le bon destiné à l'hôpital.

Après examen du malade soit sur le chantier, soit à domicile, soit dans son cabinet, suivant la gravité de la maladie ou de la blessure, le médecin indiquera sur le coupon qui lui est remis :

1° La nature de la maladie ou de la blessure et de sa cause;

2° Si l'ouvrier doit-être soigné à domicile ou à l'hôpital, et dans ce dernier cas visera le bon pour l'hôpital. De plus il délivrera également, s'il y a lieu, un bon pour la fourniture des médicaments nécessaires au malade.

Avis de cette première visite sera donné en temps opportun au chef de section pour qu'il puisse y assister, s'il le juge utile.

Quant aux bons délivrés par le médecin tant pour l'hôpital que pour médicaments, ils seront, sauf le cas d'urgence, soumis au visa du chef de section immédiatement après leur délivrance.

La marche indiquée dans ces deux derniers paragraphes sera suivie pour toutes les nouvelles visites ou les nouveaux bons que le médecin croirait devoir faire ou délivrer ultérieurement.

ES ET DOCUMENTS.

lade, le médecin
uivant le cas, fou
in rapport somm
et certifiera la du.

uels devront se tro
res pour établi
t au médecin, soi
présentés de nou
cation, y signera

3 chaque mois, li
ection un état r
mes payées par
lical.

. état et complète
mains, le chef
t en question et
obation de ce der
es ainsi approuvé
se pour le régler
de 1 p. 100 supp
nt des dépenses i
mesure de la vé
ement pourra être
demande écrite.
s à payer aux ouv

l'interruption forc
a été dit à l'articl
édecin de l'hôpita
sur salaire :
aires soignés à do
des charges de f

3° Aux ouvriers mariés soignés à domicile ou à l'hôpital.

Lorsque par suite de blessures un ouvrier deviendra impropre au travail de sa profession, il lui sera alloué la moitié de son salaire pendant une année à partir du jour de l'accident.

Enfin, lorsqu'un ouvrier marié ou ayant des charges de famille aura été tué sur les travaux, ou aura succombé à la suite, soit de blessures, soit d'une maladie occasionnée par les travaux, sa veuve ou sa famille aura droit à une indemnité de 300 francs.

Les secours mentionnés aux deux paragraphes précédents pourront être augmentés par des décisions spéciales du Ministre des Travaux Publics, suivant la position et les besoins des victimes ou de leur famille.

Les ouvriers qui seront blessés dans un état d'ivresse ne pourront recevoir que des secours médicaux.

Art. 6. — Le médecin qui sera chargé par les entrepreneurs des soins à donner aux ouvriers devra être agréé par l'ingénieur, ainsi que les conventions à passer avec lui pour l'exécution de son mandat et la rémunération de ses soins.

Art. 7. — Le choix des hôpitaux où devront être soignés les malades devra également être approuvé par l'Ingénieur, ainsi que les conventions à passer avec eux pour les allocations à leur attribuer.

Art. 8. — Afin de faciliter le règlement des dépenses de médicaments, les entrepreneurs soumettront à l'approbation de l'Ingénieur un tarif arrêté au préalable par le médecin du chantier.

Afin de permettre de donner sur place aux malades et blessés les premiers soins réclamés par leur état, les entrepreneurs devront avoir sur le chantier :

- 1° Un local convenablement disposé ;
- 2° Une boîte de secours ;
- 3° Un brancard ;

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

Un approvisionnement de médicaments tenu constant au complet ;

Une instruction pour les premiers soins à donner aux blessés ou malades.

La disposition du local destiné à recevoir les malades, la composition de la boîte de secours, la nature du matériel, la liste des médicaments à approvisionner, enfin l'instruction pour les premiers soins à donner, seront arrêtés par l'ingénieur, sur la proposition du médecin des chantiers.

Les dépenses relatives à cette installation seront réglées sur les mémoires présentés par les entrepreneurs comme autres dépenses relatives au service médical, et comprises dans les états récapitulatifs mensuels à fournir par lui.

Art. 9. — Indépendamment des visites à faire aux chantiers malades, le médecin devra visiter les chantiers et rechercher les causes de maladies qu'il pourrait remarquer ; il devra en outre prescrire les précautions hygiéniques à prendre et indiquer ce qu'ont à faire pour se préserver des maladies les ouvriers travaillant dans l'eau ou dans les fossés, suivant les saisons et en consultant les usages du pays.

Vernon, le 24 février 1880.

Dressé par l'Ingénieur ordinaire soussigné.
CANÉRE.

ANNEXE N° 3.

INSTRUCTION DE LA DÉRIVATION ÉCLUSÉE DE NOTRE-DAME DE LA GARENNE.

CAISSE DE SECOURS.

RÈGLEMENT APPLICABLE AUX OUVRIERS DE L'ENTREPRISE.

Art. 1^{er}. — Une caisse de secours est instituée pour soulager les ouvriers de l'entreprise, afin d'assurer les

dispositions prévues par l'arrêté du 15 décembre 1848, la circulaire ministérielle du 22 octobre 1851, et l'article 16 des clauses et conditions générales de 1866.

Elle est alimentée :

Par une retenue de 2 p. 100 faite sur le salaire de chaque ouvrier, le surplus est fourni par l'entreprise jusqu'à concurrence de 1 p. 100 du montant des travaux.

Art. 2. — La retenue est obligatoire pour tous les ouvriers employés par l'entreprise.

Art. 3. — Les fonds provenant de ces retenues serviront au paiement des indemnités convenues en cas d'accidents, dans les conditions spécifiées ci-dessous, ainsi qu'aux médicaments nécessaires et aux honoraires des médecins et à toutes les dépenses qui peuvent se rattacher au service de la caisse de secours.

Art. 4. — Tout ouvrier qui sera blessé pendant la durée de son service ou de son travail, que ce service ou ce travail soit effectué dans les ateliers, les chantiers ou ailleurs, mais pour le compte de l'entreprise, recevra une indemnité d'après les bases suivantes :

1° Ouvriers célibataires.

Pendant son séjour à l'hospice.	0 ^f , 15 par jour
En dehors de l'hospice jusqu'à la reprise du travail.	1 ^f , 25 à 1 ^f , 75

2° Ouvriers mariés.

Pendant son séjour à l'hospice.	1 ^f , 00 à 1 ^f , 25
En dehors de l'hospice, jusqu'à la reprise du travail, suivant les besoins de leurs familles.	1 ^f , 50 à 2 ^f , 00

Art. 5. — Tout accident entraînant une incapacité permanente et absolue de travail, tel que la perte de la vue ou l'usage des deux membres donnera droit, en faveur de la victime de l'accident, à une rente viagère de 300 francs.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

out accident entraînant une incapacité de travail, tel que la perte d'une jambe, d'un pied ou d'une main, donne droit à une indemnité de 100 francs.

En cas de mutilation partielle telle que la perte de trois doigts de la main ou du pied, l'ouvrier a une indemnité fixe de *cinq cents francs*.

rt. 6. — En cas de mort survenue dans les trois mois de l'accident, un capital de *deux mille francs* sera affecté aux enfants mineurs du sinistré ; s'il laisse une veuve, ce capital sera partagé par moitié entre les enfants. La veuve, qui, dans tous les cas, n'a droit qu'à une pension, n'a droit qu'à une indemnité.

défaut d'enfants ou de veuve, un quart de l'indemnité reviendra par égale portion au père et à la mère de la victime.

rt. 7. — N'auront pas droit à la caisse de se-
onnes atteintes d'une maladie ou d'une infirm
ermanente. La mort ou l'incapacité de travail
d'anévrisme, de congestion, d'érésipèle, de h
natisme, d'ulcères variqueux ou de toute autre
nfirmité, ou d'une cause secondaire entraînant
incapacité, ne donneront pas droit à indemnité

rt. 8. — Les blessures ou cas de mort résultant d'infractions volontaires aux règlements ou de l'entreprise relatifs à la sûreté des personnes ou de luttres, sont exclus des bénéfices de recours.

elui qui aura employé sciemment des moyens mensongers, à l'effet d'exagérer les suites de la blessure, est entièrement déchu de tous ses droits d'immunité.

rt. 9. — Tout ouvrier renvoyé des travaux tant volontairement cesse d'avoir droit à la caisse.

Dans ce cas il n'y a lieu à aucune restitution des sommes versées à la caisse de secours, ces sommes ayant servi à couvrir le risque d'accident pendant le temps qu'il a existé.

Art. 10. — L'engagement au service de l'entreprise comporte que l'ouvrier accepte les obligations et conditions du présent règlement, qu'il s'oblige à les respecter et les exécuter fidèlement, et qu'il reconnaît que les sommes stipulées sont suffisantes pour l'indemniser des accidents qui pourraient lui arriver pendant le cours et la durée de son service ou de ses travaux.

Nota. — Tout accident provenant par imprudence, négligence et inhabileté de l'ouvrier ne donnera pas lieu à indemnité.

A Notre-Dame de la Garenne, le 20 novembre 1879.

Les entrepreneurs,
PRÉGERMAIN frères.

N° 18

NOTE

sur

LE MOTEUR DES BATEAUX EN COURBE

L. GUIBAL, Ingénieur des Ponts et (

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

La question du mouvement des bateaux en courbe a été considérée un peu différemment par les auteurs de quelques halées dans un canal. On a supposé que, même leur moteur, tel qu'un moteur à palettes agissant dans une courbe, agit toujours dans la direction de l'axe du canal.

C'est le cas, qui a fait l'objet d'une note publiée dans les *Annales* (février 1888). Cette note est complexe et ne nous paraît pas contenir les formules qu'elle renferme. Elle est basée sur l'hypothèse, pratiquement fautive, que l'effort de traction à l'axe du moteur est toujours dans la direction de l'axe du canal.

Les résultats de cette note ont été appliqués à un objet de canal de grande navigation de France. Nous avons été conduit à étudier les formes et des dimensions exceptées du nouveau canal. Ces vapeurs, que l'on a sur la Saône, ne peuvent être mises sur des aiguilles de 130 à 140 mètres de long. Les bateaux tels qu'ils sont établis ne seraient pas en mesure de passer.

une évaluation incomplète des efforts auxquels est soumise la barque dans son mouvement (*).

Le grand nombre de variables ou d'arbitraires que renferme le premier problème ne le rend pas susceptible d'une solution théorique simple. C'est plutôt une affaire de sentiment, dirigé par une connaissance approfondie des convenances ou des usages de la navigation, et par l'observation des faits.

En réalité, un bateau halé pourra décrire une courbe quelconque et même simplement pivoter, sauf à disposer convenablement le point d'attache et la direction de l'effort.

Il n'en est pas ainsi pour un bateau automoteur qui ne dispose, pour régler son allure — c'est du moins le cas le plus général et le seul dont nous nous occuperons ici — que d'un effort de traction plus ou moins considérable, dirigé suivant son axe, et de son gouvernail.

Soit un bateau AB, supposé, pour simplifier, rectangulaire et dont le gouvernail BC fait un certain angle β avec l'axe (*fig. 4, Pl. 12*).

Appelons :

R, la réaction normale du gouvernail,

T et Q, ses composantes transversale et longitudinale,

Φ , la force centrifuge appliquée en G, milieu de AB,

P et P', deux forces transversales que nous allons définir.

On paraît admettre généralement que dans le mouvement curviligne, le point de contact de la courbe-enveloppe de l'axe du bateau est le point G, milieu de AB.

Nous allons prouver que deux causes distinctes concourent pour reporter toujours ce contact en un certain point M en avant ou à gauche de G : ces actions sont *la force centrifuge et l'obliquité du gouvernail*.

(*) L'effort sur le gouvernail notamment et la force centrifuge ont été omis.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

is en effet pour un instant que G soit le point

Appelons V la vitesse du point G, ρ le rayon
le mn , et admettons enfin que le bateau soit
tat de mouvement uniforme; il doit y avoir
tre tous les efforts agissant directement sur le

faces transversales A et B éprouvent de la part
les réactions normales dues, l'une à la pression
tre à la non-pression, et agissant dans le même

on détermine sur la face antérieure de AG une
action normale composée d'une somme de
lépendant que d'un coefficient constant, de la
la surface élémentaire de largeur dx considérée
e des filets liquides en ce point avec l'axe du
face postérieure de AG éprouvera une non-
ssant dans le même sens que la précédente et
fférera très sensiblement, si l'on suppose le
it, que par un coefficient numérique : au total
orce P .

ices postérieure et antérieure de GB, on aura
e des actions identiques, mais dirigées en sens
it le total P' égal à P sera à la même distance

l'équilibre statique, on devrait avoir transver-

$$P' = P + T + \Phi$$

ossible si P' est égal à P , car T et Φ sont néces-
ositifs et plus grands que zéro.
mc que l'on ait :

$$P' > P.$$

que le point de contact se trouve en M à
point G. Il peut d'ailleurs sortir du bateau :

c'est même le cas le plus fréquent en pratique, ainsi que nous le verrons plus loin (*).

Ce premier principe étant établi nous allons résoudre successivement plusieurs questions.

§ 1. — POSITION DU POINT DE CONTACT M ET VALEUR DU RAYON DE LA TRAJECTOIRE DE CE POINT POUR UNE INCLINAISON DONNÉE DU GOUVERNAIL.

Nous compléterons les premières notations par les suivantes :

$2L$, longueur du bateau,

b , largeur,

λ , longueur du gouvernail,

h , tirant d'eau,

h' , hauteur immergée du gouvernail (assez généralement égale à h),

β , angle du gouvernail avec l'axe du bateau,

d , distance du point M au milieu G de AB.

Ajoutons enfin que ρ et V sont le rayon de la courbe décrite par le point M et sa vitesse.

Nous devons considérer deux cas, suivant que M est à droite ou à gauche de A, c'est-à-dire sur l'axe du bateau ou dans son prolongement.

PREMIER CAS. — M entre G et A.

Nous calculerons successivement chacun des efforts qui agissent sur le bateau en marche uniforme (*fig. 5*).

1° *Réaction de l'eau sur les parois du bateau.* — La réaction normale des filets liquides sur la paroi HK est représentée par

$$Mh \int_H^K \frac{V^2}{2g} \sin^2 \alpha dx.$$

(*) Cela peut ne pas avoir lieu pour des barques halées dans un canal.

point M, comparable à $\left(\frac{b}{L}\right)^4$. Or le terme $\frac{b^3}{8L^3}$ est égal dans le cas des vapeurs du Rhône à $\frac{1}{7500}$, et dans le cas des barques de canal ordinaire à $\frac{1}{300}$, quantités insignifiantes. En outre, l'excentricité de cette force est sensiblement contre-balancée par celle de la composante longitudinale du gouvernail.

Nous pouvons donc admettre, sans erreur appréciable :

$$(1) \quad E = K_1 b h \frac{V^2}{2g}.$$

C'est l'effort de traction nécessaire pour mouvoir un bateau en ligne droite avec une vitesse V . — K_1 est un certain coefficient variable avec la forme plus ou moins effilée des bateaux.

La paroi HU, que l'on peut supposer confondue avec AM, éprouve une réaction normale représentée par :

$$Kh \int_M^A \frac{V'^2}{2g} \sin^2 \alpha dx.$$

Dans cette expression, V' est la vitesse de l'élément S de largeur dx à la distance x du point M et α l'angle du filet liquide correspondant avec la paroi AM. Le coefficient K est la somme des coefficients dus à la pression directe et à la non-pression. Il est d'ailleurs plus grand que K_1 , car on peut le considérer comme se rapportant à une plaque rectangulaire très courte par rapport à ses dimensions transversales.

Or, on a :

$$V' = V \frac{OS}{OM} = V \sqrt{1 + \frac{x^2}{\rho^2}};$$

de plus

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{\rho}$$

UMI

$$\frac{\overline{a^2}}{\overline{\rho^2}}$$

$$\frac{a}{x^2} dx$$

$$\frac{-d}{3}$$

$$\frac{+d}{3}$$

u p

rad

$$v^2 dx$$

$$\frac{-}{4}$$

$$\frac{+}{4}$$

$$\frac{-}{4}$$

p₀

le le

di

γ l

$$R = K\lambda h \frac{V^2}{2g} \sin^2(\beta - \gamma),$$

V' étant la vitesse du point B. Or, on a :

$$V' = v \frac{OB}{OM} = v \sqrt{1 + \left(\frac{L+d}{\rho}\right)^2}.$$

En outre

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{L+d}{\rho}, \quad \sin \gamma = \frac{\frac{L+d}{\rho}}{\sqrt{1 + \left(\frac{L+d}{\rho}\right)^2}}, \quad \cos \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{L+d}{\rho}\right)^2}}.$$

Développons $\sin(\beta - \gamma)$, il vient :

$$\sin(\beta - \gamma) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{L+d}{\rho}\right)^2}} \left\{ \sin \beta - \frac{L+d}{\rho} \cos \beta \right\}.$$

On a donc :

$$R = K\lambda h' \frac{V^2}{2g} \left\{ \sin \beta - \frac{L+d}{\rho} \cos \beta \right\}^2,$$

et par suite :

$$(6) \quad T = K\lambda h' \frac{V^2}{2g} \left\{ \sin \beta - \frac{L+d}{\rho} \cos \beta \right\}^2 \cos \beta.$$

$$(7) \quad Q = K\lambda h' \frac{V^2}{2g} \left\{ \sin \beta - \frac{L+d}{\rho} \cos \beta \right\}^2 \sin \beta.$$

3° *Force centrifuge*. — La force centrifuge est dirigée suivant OG et égale à

$$\Phi = m \frac{V'^2}{\rho'},$$

m étant la masse du bateau, V' et ρ' la vitesse et le rayon relatifs au point G.

En appelant δ l'angle MOG, la composante transversale φ de la force centrifuge est :

$$\varphi = m \frac{V'^2}{\rho'} \cos \delta.$$

Prenons en outre les moments autour du point M. Nous supposerons le moment de la composante longitudinale du gouvernail négligeable, car son bras de levier est très petit; nous avons vu, d'ailleurs, que l'action longitudinale des filets liquides sur le bateau était comme moment un terme très faible, comparable à celui-ci et de sens contraire; ils s'annulent donc sensiblement.

L'équation des moments devient alors :

$$T(L+d) + \varphi d = Kh \frac{V^2}{2g} \frac{1}{\rho^2} \frac{(L+d)^4 - (L-d)^4}{4}.$$

Multiplions la première équation par $(L+d)$ et retranchons-en la seconde, il vient :

$$\varphi L = Kh \frac{V^2}{2g} \frac{1}{\rho^2} \left\{ \frac{(L+d)^3 - (L-d)^3}{3} (L+d) - \frac{(L+d)^4 - (L-d)^4}{4} \right\};$$

multiplions encore la première par d et retranchons-la de la seconde :

$$TL = Kh \frac{V^2}{2g} \frac{1}{\rho^2} \left\{ \frac{(L+d)^4 - (L-d)^4}{4} - d \frac{(L+d)^3 - (L-d)^3}{3} \right\}.$$

Remplaçons φ et T par leurs valeurs, supprimons le facteur commun $\frac{V^2}{2g}$, multiplions par ρ^2 , divisons par L^4 , et posons :

$$\frac{d}{L} = x, \quad \frac{\rho}{L} = z, \quad \frac{b}{L} = m, \quad \frac{\lambda}{L} = n.$$

il vient, toutes simplifications faites dans les seconds membres :

$$(A) \begin{cases} z = \frac{K}{24\mu} \frac{1}{m} (x^4 + x^3 - 6x^2 + 12x - 3) \\ z^2 = \frac{K}{6K'} \frac{h}{h'} \frac{1}{n} (3 + 6x^2 - x^4) \frac{1}{\left(\sin \beta - \frac{1+x}{z} \cos \beta \right)^2 \cos \beta} \end{cases}$$

Ce système de deux équations résout algébriquement le

dans le cas où le point M se trouve

le discuter, nous poserons le cas où M est en avant.

DEUXIÈME CAS. — M au delà du pa-

es quantités qui changent de forme et P' devient égal à une somme de ceux du premier cas. Les limites sont modifiées et deviennent (d — L) et (L + d).

on a :

$$P_1 = 0 \quad P_2 = Kh \frac{V^2}{2g} \frac{1}{\rho^3} \int_{d-L}^{d+L} x$$

$$P_2 = Kh \frac{V^2}{2g} \frac{1}{\rho^3} \frac{(d+L)^3 - (d-L)^3}{3}$$

on a :

$$M_{P_2} = Kh \frac{V^2}{2g} \frac{1}{\rho^3} \frac{(d+L)^4 - (d-L)^4}{4}$$

on a les mêmes équations d'équilibrium, et faisant des simplifications

$$1 = \frac{K}{6\mu} \frac{1}{m} (3x^2 - 2x + 1)$$

$$2 = \frac{4K}{3K'} \frac{h}{h'} \frac{1}{n} x \frac{1}{\left(\sin \beta - \frac{1+x}{2} \cos \beta \right)}$$

les circonstances, le système (1) permet de déterminer x et le point M et le rayon correspondante de l'angle β du gouvernail. On remarque que la vitesse

équations; le rayon et la position du point de contact sont donc indépendants de la vitesse de marche (*).

Choix entre les formules. — Dans la pratique, il faut pouvoir reconnaître *à priori* si les deux séries de formules (A) et (A') sont applicables, ou s'il faut recourir seulement à la série (A').

Le passage d'une formule à l'autre a lieu pour $x = 1$. Or, pour $x = 1$, on a dans l'un et l'autre cas :

$$z = \frac{K}{3\mu} \frac{1}{m},$$

$$z^2 = \frac{4K}{3K'} \frac{h}{h'} \frac{1}{n} \frac{1}{\left(\sin \beta - \frac{2}{z} \cos \beta\right)^2} \cos \beta.$$

La seconde expression peut s'écrire, en tenant compte de la première :

$$(a) \quad \left(\sin \beta - \frac{6\mu m}{K} \cos \beta\right)^2 \cos \beta = 12 \frac{\mu^2}{KK'} \frac{h}{h'} \frac{m^2}{n}.$$

Le premier système (A) ne sera évidemment applicable que si le maximum du premier membre est égal ou supérieur au second.

On a donc la condition :

$$(b) \quad \text{Max.} \left(\sin \beta - \frac{6\mu m}{K} \cos \beta\right)^2 \cos \beta \geq 12 \frac{\mu^2}{KK'} \frac{h}{h'} \frac{m^2}{n}.$$

Cette inégalité tranchera la question dans tous les cas. On reconnaît facilement que pour la plupart des bateaux ou navires, elle ne sera pas satisfaite et qu'il faudra dès lors appliquer uniquement les formules (A').

En d'autres termes, on peut admettre qu'avec les formes habituelles des bateaux, le point de contact M sera toujours en avant de la proue.

Nous allons vérifier qu'il en est bien ainsi pour le type

(*) En supposant, bien entendu, que les coefficients de résistance au mouvement du bateau sont indépendants de la vitesse.

, E1

le

= δ

= K

= n

= h'

, $\frac{4}{11}$

er 1

icos

=

- $\frac{4}{1}$

lle

+

, $\frac{4}{11}$

$\beta =$

x. =

à c

niè

Si nous supposons que le rayon de la trajectoire grandisse indéfiniment, et si nous considérons ce qui se passe pour z infini, c'est-à-dire quand la trajectoire devient rectiligne, la première équation donne x infini; en d'autres termes, le point de contact est asymptotique à l'axe du bateau à mesure que la courbure diminue.

On trouve sans peine l'angle du gouvernail correspondant à z infini. La seconde équation peut en effet s'écrire :

$$\left(\sin \beta - \frac{1+x}{p(3x^2-2x+1)} \cos \beta \right)^2 \cos \beta = \frac{p'}{p^2} \frac{x}{3x^2-2x+1},$$

p et p' étant deux constantes. Si nous supposons x infini, ce qui correspond aussi à z infini, il vient :

$$\sin^2 \beta \cos \beta = 0,$$

équation satisfaite pour

$$\beta = 0 \quad \beta = 90^\circ;$$

ce qui était évident *à priori*.

§ 2. — RAYON MINIMUM DE LA TRAJECTOIRE D'UN BATEAU EN PLEINE EAU.

La marche générale que nous allons suivre est applicable dans tous les cas, mais comme elle exige des tâtonnements, nous prendrons un exemple numérique correspondant au type des vapeurs naviguant sur le Rhône.

Nous avons :

$$2L = 140^m,00 \quad b = 6^m,55 \quad \lambda = 5^m,80 \quad K = K' = 1^m,20 \quad \mu = 0,80.$$

Nous supposerons en outre $h = h'$.

Les équations (A') deviennent :

$$(1) \quad z = 2,75 (3x^2 - 2x + 1)$$

$$(2) \quad z^2 = 16x \frac{1}{\left(\sin \beta - \frac{1+x}{z} \cos \beta \right)^2 \cos \beta},$$

équations dans lesquelles x doit être supérieur à l'unité.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

ous nous proposons de déterminer le minimum de z .
 our cela, remarquons qu'en adoptant une valeur
 traire de x , l'équation (1) nous donne une valeur cor-
 ondante de z .

r, il est évident que tous les systèmes de valeurs
 x et de z tirés de l'équation (1) qui donneraient

$r / = \frac{16x}{z^2}$ une valeur supérieure au maximum de

$= \left(\sin \beta - \frac{1+x}{z} \cos \beta \right)^2 \cos \beta$, serait inadmissible, et

le système des plus petites valeurs simultanées de x
 de z , pour lequel le maximum de F serait précisément
 1 à f , sera celui qui résout le problème.

On trouve ainsi par des tâtonnements très rapides que
 maximum de z correspond à une valeur de x comprise
 re 1,21 et 1,22, mais très voisine de 1,22. Nous admet-
 ns

$$x = 1,22,$$

à

$$z = 8,40 \quad \lg \beta = 1,865 \quad \beta = 61^{\circ}48'.$$

Le rayon minimum de la courbe que peut décrire le
 nt M du bateau considéré est donc

$$\rho = 70 \times 8,4 = 588 \text{ mètres,}$$

t un peu moins de 600 mètres (*).

Ce résultat paraît être en contradiction avec ce qui se
 sse sur le Rhône, où les mêmes vapeurs tournent dans
 s courbes plus raides (350 à 400 mètres), mais cette
 omalie n'est qu'apparente.

Nous n'avons considéré, en effet, que le cas d'un bateau
 oluant en eau morte ; sur le Rhône, le courant, générale-

*) Ce chiffre devrait être multiplié par un certain coefficient facile à déter-
 er, pour l'appliquer aux courbes des canaux dont les rayons correspondent
 eur axe. Mais ce coefficient ne diffère de l'unité que d'une quantité négligé-
 able.

ment assez rapide, vient en aide aux vapeurs et leur permet de décrire des courbes de rayon inférieur à 600 mètres, à la condition toutefois que le chenal soit assez large.

Considérons, par exemple, le cas de la descente et supposons deux alignements droits du chenal réunis par une courbe d'un rayon moindre que 600 mètres (*fig. 6*).

Le bateau étant arrivé en un point tel que B ne pourrait continuer sa marche sans aller piquer de l'avant dans la berge concave, il fait alors machine arrière, de façon à rester stationnaire dans le courant; il actionne en même temps son gouvernail de telle sorte que le courant, le prenant par le travers, le rejette suivant A'B en le faisant tourner d'un certain angle.

A ce moment, il fait machine avant et peut ainsi parcourir un élément plus ou moins étendu de la courbe, et en renouvelant cette manœuvre un nombre de fois suffisant, il atteint le second alignement droit.

A la remonte, la manœuvre est analogue.

Les formules (A') ont une signification géométrique assez simple (*fig. 7*).

La première représente une parabole à axe vertical, dont le sommet correspond à $x = \frac{1}{3}$. D'après ce que nous avons vu, cette parabole ne doit servir que pour la portion comprise au delà de $x = 1$.

Si, dans la seconde formule, nous remplaçons z par sa valeur en fonction de x , et si nous posons

$$\operatorname{tg} \beta = y,$$

nous aurons une nouvelle équation en x et y qui, après développement, serait du douzième degré.

En ne considérant que la branche comprise entre les x et les y positifs, nous savons que dans le cas d'un rayon infini, c'est-à-dire pour $x = +\infty$, nous avons deux solu-

reviendrait précisément à faire les opérations déjà effectuées.

Ainsi sur l'épure que l'on pourrait tracer, l'ordonnée de la parabole et celle de la seconde courbe donneraient les valeurs du rayon de la trajectoire et l'angle du gouvernail pour une position déterminée du point M. On voit en outre, ce qui était évident *à priori*, qu'il y a toujours, sauf dans le cas du rayon minimum, deux valeurs de l'angle β pour une même valeur du rayon.

§ 3. — RAYON MINIMUM DANS LES CANAUX ET EXCÉDENT DE LARGEUR A DONNER AU PLAFOND POUR CHAQUE VALEUR DU RAYON.

En dehors de toute autre considération, on peut reconnaître que le rayon minimum ci-dessus déterminé ne pourrait s'appliquer aux bateaux dans un canal.

Les équations (A') montrent, en effet, que, toutes choses égales d'ailleurs, le rayon minimum de la trajectoire s'élève à mesure que le coefficient K augmente, car le terme dû à la résistance transversale du bateau est celui qui combat l'action inverse de la force centrifuge et du gouvernail. Si K pouvait être réduit à de très faibles proportions, le bateau tendrait constamment à se mettre d'équerre avec sa position primitive pour une très faible valeur de β , et inversement, s'il devient plus considérable, ce qui a lieu nécessairement dans un canal à petite section relative, l'influence du gouvernail est moins accentuée.

Dans l'impossibilité où nous sommes d'appliquer un coefficient même approché tenant compte de cette circonstance, nous continuerons à raisonner sur le résultat du paragraphe précédent, sauf à invoquer en temps voulu cette remarque pour fixer définitivement le moindre rayon pratiquement réalisable.

Nous retrouverons d'ailleurs d'autres motifs pour se

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

très notablement au dessus du chiffre de 600 mètres. Occupons-nous maintenant de la largeur qu'il convient donner à un canal en courbe.

Supposons d'abord le canal à une voie. Si l'on ne tient compte de l'action du vent (*), on voit sur la figure 7 la largeur au plafond devra être représentée — non compris le jeu nécessaire — par l'une des quatre expressions suivantes :

$$OD - OB.$$

$$OC' - OB.$$

$$OD - OC.$$

$$OC' - OC.$$

On peut reconnaître soit par le calcul, soit encore mieux une épure que les deux premières ne sont applicables aucun cas.

Il est facile de reconnaître que l'action du vent qui souffle plus ou moins versalement a pour effet d'accélérer ou de retarder la marche du bateau, dans les cas, et de lui faire prendre une position oblique par rapport à l'axe canal, supposé rectiligne (fig. 8). En appelant v la vitesse du vent, V celle du bateau, H et h le tirant d'eau et la hauteur émergée, α l'obliquité, et β l'angle fait avec l'axe du canal, on a :

$$\frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 (\beta - \alpha)} = \frac{K' h v^2}{K \cdot H \cdot V^2}$$

K' sont des coefficients numériques. Soit $\beta = 90^\circ$, ce qui correspond sensiblement au cas le plus défavorable, on a

$$\lg \alpha = \frac{K' h v^2}{K \cdot H \cdot V^2}$$

Pour un bateau sur lest, on peut admettre $h = H$. Adoptons $K = 7\pi^2$ (Bresse, *Écoulement des fluides*), $K' = 0,14$ (Clausen, *Aide-mémoire*), et enfin $V = 3\pi, 00$, qui correspond à environ 11 kilomètres à l'heure, chiffre assez élevé pour un bateau, nous avons :

$$\lg \alpha = 0,015 \cdot v.$$

Les largeurs qui en résultent croissent très rapidement ; avec des vents de 10 mètres, elles atteignent déjà 29^m,50, au lieu de 15 mètres, tambours pris, l'angle correspondant étant d'environ 8°,30'. La largeur occupée par le bateau serait presque doublée. Il ne paraît guère possible qu'un vapeur puisse marcher avec une obliquité, d'ailleurs variable nécessairement à chaque instant, de 5 à 6°, correspondant à des vents de 6 à 7 mètres de vitesse, et accroissant de largeur du tiers en plus, soit environ 20 mètres au total.

Soient ρ''' , ρ'' , ρ' , les longueurs OD, OC' et OC, soit en outre D la largeur du bateau, tambours compris, et remarquons que la partie antérieure des tambours est généralement aux $\frac{8}{10}$ de la demi-longueur, et la partie postérieure aux $\frac{9}{10}$, nous avons :

$$\rho'^2 = \left(\rho - \frac{D}{2}\right)^2 + (d - 0,2L)^2$$

$$\rho''^2 = \left(\rho + \frac{D}{2}\right)^2 + (d - 0,1L)^2$$

$$\rho'''^2 = \left(\rho + \frac{b}{2}\right)^2 + (d + L)^2.$$

On en déduit

$$\rho''^2 - \rho'^2 = \left(2\rho - \frac{D-b}{2}\right) \frac{D+b}{2} + 1,2L(2d + 0,8L)$$

$$\rho'''^2 - \rho'^2 = 2D\rho + 0,1L(2d - 0,3L).$$

La première expression peut s'écrire en remarquant que $\frac{\rho''' + \rho'}{2}$ est le rayon du point milieu de la ligne CD

$$\Delta = L \frac{0,5(\delta + m)x + 1,2x - 0,125(\delta^2 - m^2 - 3,84)}{\sqrt{\{x - 0,25(\delta - m)\}^2 + (x + 0,4)^2}}$$

En posant $\delta = \frac{D}{L}$ et appelant Δ la largeur cherchée.

La seconde expression se simplifie davantage, car le milieu de CC' est sur l'axe du bateau.

$$\Delta = L \frac{\delta x + 0,1(x - 0,15)}{\sqrt{x^2 + (x - 0,15)^2}}.$$

Ces formules, mises en chiffres avec les données précédentes et en faisant $D = 15^m,00$, deviennent :

$$(1) \quad \Delta = L \frac{0,154x + 1,2x - 0,475}{\sqrt{(x - 0,03)^2 + (x + 0,4)^2}}$$

$$F = K_1 b h \frac{V^2}{2g} + K' \lambda h' \frac{V^2}{2g} \left(\sin \beta - \frac{L+d}{\rho} \cos \beta \right)^2 \sin \beta + \frac{2\mu}{g} L b h \frac{V^2}{\rho} \cdot \frac{d}{\rho}.$$

Le premier terme représente l'effort de traction nécessaire pour mouvoir le bateau en ligne droite avec une vitesse V ; le second est dû à la composante longitudinale du gouvernail, et le dernier à celle de la force centrifuge.

On peut écrire cette formule avec les notations du paragraphe premier.

$$F = K_1 b h \frac{V^2}{2g} \left\{ 1 + \frac{K' h' n}{K_1 h m} \left(\sin \beta - \frac{1+x}{z} \cos \beta \right)^2 \sin \beta + \frac{4\mu x}{K_1 z^2} \right\}$$

ou bien en tenant compte de la deuxième des équations (A')

$$F = K_1 b h \frac{V^2}{2g} \left\{ 1 + \frac{4K}{3K_1} \frac{1}{m} \cdot \frac{x}{z^2} \operatorname{tg} \beta + \frac{4\mu x}{K_1 z^2} \right\},$$

ou enfin :

$$F = K_1 b h \frac{V^2}{2g} \left\{ 1 + \frac{4}{3} \frac{K \operatorname{tg} \beta + 3\mu m x}{m K_1 z^2} \right\}.$$

On voit par cette formule que l'influence retardatrice de la force centrifuge sera supérieure à celle du gouvernail, si l'on a :

$$\operatorname{tg} \beta < \frac{5\mu m}{K},$$

c'est-à dire, avec les valeurs de μ et de K que nous avons admises pour

$$\operatorname{tg} \beta < 0,166.$$

soit β inférieur à $9^\circ, 25'$ environ, ce qui correspond à un rayon de 4250 à 4300 mètres au moins.

Soit F' , l'effort de traction nécessaire pour mouvoir le même bateau avec la même vitesse V en ligne droite, on a :

$$F = K_1 b h \frac{V^2}{2g}.$$

S ET DOCUMENTS

C :

$$\frac{K \lg \beta + 3\mu m}{m K_1} \cdot \frac{x}{x^2}$$

le au cas où Z atteint son mini-

$$1,865, \mu = 0,80, m = \frac{1}{11}, K = 1,2$$

nde incertitude sur la valeur
général Morin, K, serait com-
des bateaux rapides très allong
0,20 et 0,30 pour les mêm
x étroits. Faute de mieux, n
pour le premier cas et 0,25

uve alors :

n pleine eau,

ans un canal étroit.

es ou directement sur la formule
ortionnel de l'effort de traction est
ix qu'en pleine eau. On pouvait
'on remarque que dans le mouve-
ite à la section du maître couple,
nt de résistance est très petit, une
is longitudinales du bateau, pour
st supérieur, et l'influence relative

forte que le rapport $\frac{K}{K_1}$ sera

si l'on voulait maintenir la

force motrice à la machine que dans la marche rectiligne, il suffirait de réduire les vitesses dans les rapports inverses des racines carrées des efforts F et F' calculés, soit

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2,45} \text{ en pleine eau,} \\ \frac{1}{1,87} \text{ dans un canal étroit.} \end{array} \right.$$

Pratiquement, les vapeurs adoptent un moyen terme : ils augmentent légèrement l'effort développé par leurs machines et réduisent en même temps leur vitesse.

Il ressort de ces résultats que le rayon minimum de 600 mètres, que nous avons calculé dans le paragraphe 1^{er}, ne doit être adopté que dans le cas où la disposition des lieux l'imposerait.

Nous avons calculé le rapport $\frac{F}{F'}$ pour un certain nombre de valeurs du rayon, et nous avons représenté le résultat par une courbe dont les ordonnées donnent la quantité qu'il faut ajouter à l'unité pour avoir ce rapport (*) (*fig. 10*).

Pour les applications, il peut être avantageux de transformer la formule théorique, d'un usage très laborieux, en une formule empirique ne contenant que le rayon ρ . On peut vérifier que les courbes représentées par les équations

$$\begin{aligned} \frac{F}{F'} &= 1 + \frac{900}{\rho^3} \text{ pleine eau,} \\ \frac{F}{F'} &= 1 + \frac{450}{\rho^3} \text{ dans un canal.} \end{aligned}$$

diffèrent très peu de celles que nous avons tracées (**). On voit que $\frac{F}{F'}$ décroît très rapidement, à mesure que ρ augmente.

(*) Il faut considérer sur cette courbe l'échelle des hauteurs double, pour le cas d'un canal étroit, de ce qu'elle est pour le cas d'un bateau en pleine eau.

(**) Les rayons étant exprimés en centaines de mètres.

$$\frac{F}{F'} = \left[1 + \frac{4}{3} \frac{K \operatorname{tg} \beta + 3\mu m}{m K_1} \frac{x}{z^2} \right] \frac{z^2}{x^2 + z^2},$$

ou plus simplement :

$$\frac{F}{F'} = 1 + \left\{ \frac{4}{3} \frac{K \operatorname{tg} \beta + 3\mu m}{m K_1} - x \right\} \frac{x}{x^2 + z^2}.$$

Dans le cas du minimum de z , cette formule donne des valeurs très peu différentes de celles que nous avons trouvées par la première.

$$\begin{cases} 5,86 \text{ en pleine eau,} \\ 3,41 \text{ dans un canal étroit.} \end{cases}$$

Cette expression offre toutefois une particularité remarquable. Le terme entre parenthèses peut devenir négatif, et par suite $\frac{F}{F'}$ se trouve inférieur à l'unité. Cela a lieu pour toutes les valeurs de x supérieures à

$$x = \frac{4}{3} \frac{K \operatorname{tg} \beta + 3\mu m}{m K_1}.$$

Pour $x = +\infty$, ce terme soustractif s'annule, et le rapport redevient égal à l'unité, car $\frac{x}{x^2 + z^2}$ et $\frac{z^2}{x^2 + z^2}$ s'annulent.

On vérifie d'ailleurs sans peine qu'il y a une valeur de x satisfaisant à cette relation, car le terme $\frac{3\mu m}{m K_1}$ est constant, et le terme $\frac{K \operatorname{tg} \beta}{m K_1}$ va sans cesse en diminuant à mesure que x augmente.

On aura une valeur supérieure de x en supposant $\operatorname{tg} \beta$ égale à 0, ce qui donne :

$$\begin{aligned} \text{en pleine eau} & \begin{cases} x = 25,6 \\ z = 5270 \end{cases} \text{ d'où } \rho = 369 \text{ kilomètres} \\ \text{dans un canal} & \begin{cases} x = 12,8 \\ z = 1284 \end{cases} \text{ d'où } \rho = 90 \text{ kilomètres.} \end{aligned}$$

Les bateaux considérés étant à hélice, la détermination de l'élargissement nécessaire dans les courbes se fait par des considérations analogues à celles que nous avons déjà exposées.

On trouve ainsi, pour la largeur totale Δ occupée par un bateau naviguant en courbe.

$$\Delta = L \frac{mz + 2x}{\sqrt{x^2 + z^2}}$$

Cette formule peut se transformer très-simplement en négligeant x^2 au dénominateur, ce qui correspond à une erreur relative en trop sur Δ inférieure à $\frac{1}{60}$.

$$\Delta = L \left(m + \frac{2x}{z} \right),$$

soit en chiffres :

$$\Delta = 5 + 34,5 \frac{x}{z}.$$

et dans le cas ordinaire d'un canal à double voie, non compris le jeu :

$$\Delta = 10 + 69 \frac{x}{z}.$$

Cette formule n'est pas d'accord avec la formule indiquée dans la circulaire du 19 juillet 1880 :

$$\Delta = 10 + \frac{380}{\rho}.$$

Il y a concordance si l'on a

$$69 d = 380,$$

d'où :

$$d = 5^m50.$$

Or d est au minimum égal à 41 mètres. Par suite, notre formule donne des résultats plus élevés que la formule de l'Administration, et conduit à adopter de plus grandes largeurs en courbe.

On peut admettre que le gouvernail étant manœuvré de façon à produire immédiatement son maximum d'effet, le bateau parcourra une courbe dont le rayon de courbure décroîtra progressivement jusqu'au moment où le rayon sera précisément celui de la courbe que l'on veut décrire.

Les équations du problème se compliquent des forces d'inertie et seraient, d'après la méthode d'Euler :

$$\begin{aligned} M \frac{d^2 \eta}{dt^2} &= X, \\ N \frac{d^2 \theta}{dt^2} &= Y, \\ C \frac{d^2 \epsilon}{dt^2} &= M_0(X, Y). \end{aligned}$$

Dans ces équations M , N et C sont des constantes dépendant des dimensions du bateau, η et θ les coordonnées du centre de gravité à l'instant t , ϵ l'angle dont l'axe du bateau a tourné au bout du même temps, X et Y sont les composantes longitudinales et transversales de tous les efforts qui agissent au même instant sur le bateau, dans lesquelles V , x et Z doivent être considérées comme des variables, si l'on suppose que la force motrice reste constante.

L'intégration de ces équations différentielles, auxquelles il faudrait ajouter d'autres équations faciles à trouver reliant les variables entre elles, résoudrait entièrement la question. Mais cette opération, qui ne paraît pas impossible, du moins d'une façon approximative, est au-dessus de nos forces : nous n'avons voulu que signaler son importance.

Il résulte en effet de cette remarque que le rayon minimum déterminé plus haut n'est applicable qu'à la condition d'avoir un raccordement assez long entre l'alignement droit et la courbe, et d'autant plus long que la courbe sera plus raide. Comme on ne se préoccupe pas en général de ce raccordement, il s'ensuit que dans le cas d'une

relative augmentant des deux tiers, l'effort de traction correspondant serait augmenté lui-même de moitié.

En récapitulant toutes les observations que nous avons présentées dans ce sens au cours de cette note, on ne doit pas être surpris que nous ayons jugé comme indispensable en pratique de n'adopter sur le canal de grande navigation du Rhône à Cette que des courbes minima d'un rayon au moins double de celui qu'indique la théorie : nous ne sommes pas descendu au dessous de 1 250 mètres.

Nous terminerons ici cette note sur un sujet encore peu connu. Sans prétendre l'avoir entièrement élucidé, nous croyons l'avoir présenté sous son véritable aspect. Notre théorie, basée sur des principes rationnels de mécanique, et dans laquelle M. l'Ingénieur en chef Dellon a bien voulu nous guider de ses conseils, est cependant loin d'embrasser tous les côtés de la question, mais elle suffit déjà, croyons-nous, pour en arrêter les éléments généraux.

Ce serait, d'ailleurs, maintenant plus à l'expérience qu'à la théorie qu'il conviendrait de demander de nouveaux éclaircissements et plus de précision dans un sujet où le choix des coefficients est d'une grande importance comme résultat numérique, et pour lesquels les faits expérimentaux sont encore très-peu nombreux et notablement en discordance.

Montpellier, 20 novembre 1882.

En 1835, le port du Havre ne possédait encore que trois bassins à flot : le bassin intérieur du Commerce communiquant avec les bassins du Roi et de la Barre, et ces derniers avec l'avant-port par des écluses de 13 mètres et 13^m,70 de largeur.

Cette situation ne répondant plus aux besoins de la navigation, on pensa à remplacer l'écluse Notre-Dame par une écluse de largeur suffisante pour donner passage aux navires des plus grandes dimensions.

Le projet de construction d'une écluse neuve ayant été abandonné, M. Frissard, Ingénieur en chef du port, proposa alors d'élargir de 3 mètres l'ancienne écluse, en coupant le bajoyer de gauche sur 5 mètres de hauteur, de manière qu'en morte-eau, il restât au moins 2 mètres de hauteur d'eau sur la retraite formée par le reculement de la partie supérieure du bajoyer, hauteur jugée nécessaire pour le tirant d'eau d'une roue de bateau à vapeur. Il proposa, en même temps, d'abaisser le radier de 1^m,25 pour le mettre de niveau avec celui de l'écluse de la Barre et obtenir ainsi 5 mètres de hauteur en morte-eau. (Pl. 12, *fig. 2.*)

Les travaux, qui comprenaient aussi la reconstruction des murs de quai du bassin du Roi, furent exécutés entre deux batardeaux établis l'un dans l'écluse Lamblardie, en amont du bassin du Roi, l'autre dans l'avant-port, en aval de l'écluse Notre-Dame.

Avant de commencer la démolition du radier et de procéder aux reprises en sous-œuvre, on contre-buta solidement les bajoyers pour empêcher leur renversement ; on enleva ensuite l'ancien radier en charpente et l'on creusa le terrain jusqu'à la profondeur déterminée pour les nouvelles fondations ; mais au lieu de pieux battus sur toute la surface de l'écluse, sur lesquels on comptait pour asseoir solidement le radier, on ne trouva que de forts piquets qui servaient à maintenir l'ancienne charpente, et l'on dut se décider à fonder sur le terrain naturel pour ne pas

ser à ébranler les bajoyers en battant des pieux. Le terrain étant bien dressé, on y répandit une couche de mort hydraulique de 0^m,05 d'épaisseur; puis, sur ce mort, on plaça une plate-forme en hêtre de 0^m,15 d'épaisseur, en engageant les madriers d'un mètre au moins dans les bajoyers. (Pl. 12, fig. 2.)

Sur cette plate-forme on posa une première assise en maçonnerie, de 0^m,45 de hauteur, sur laquelle reposent les assises supérieures du radier, en calcaire de Ranville, taillées en voussoirs et formant sur la surface du radier des bandes transversales incrustées de deux en deux dans l'assise de libages, afin d'éviter de faire un plan incliné qui pourrait suivre les filtrations.

En son ensemble, le radier présente une voûte renversée, formée par un arc de cercle de 13 mètres de corde et de 90 de flèche. Sa hauteur, à l'axe de l'écluse, est de 2,15, en y comprenant la plate-forme en hêtre de 0^m,15 d'épaisseur.

Des parafeuilles en béton, de 2 mètres de largeur sur 2 mètres de hauteur, compris entre deux files de pieux, furent construits à l'amont et à l'aval de l'écluse. L'argissement de l'écluse fut obtenu par le reculement du bajoyer gauche; on reconstruisit entièrement les anciens bajoyers de la chambre des portes, mais, en aval du heurtoir, on refit que la partie supérieure du bajoyer sur 5 mètres de hauteur, en conservant la partie inférieure du vieux bajoyer qui forma ainsi une retraite de 3 mètres de largeur et de hauteur au-dessus de la naissance de la courbe du radier, s'étendant sur 31 mètres de longueur. Le nouveau bajoyer pouvant être entièrement porté sur l'ancien bajoyer, on n'eut pas à modifier le terrain en arrière par de forts piquets, et l'on se borna à surélever ces piquets.

Malgré ces dispositions, qui devaient assurer une longue durée aux travaux, la décomposition, par le contact de

l'eau de mer, des mortiers de chaux employés dans les maçonneries, détermina, dans un espace de temps relativement court, des désordres assez graves pour compromettre la solidité de l'écluse.

C'est la réparation de ces importants dommages qui fait l'objet de cette note.

II

RESTAURATION DU RADIER.

Exposé. — Pendant ces dernières années des symptômes inquiétants s'étaient manifestés dans les maçonneries du radier de l'écluse Notre-Dame : des suintements, d'abord peu apparents, s'écoulant par les joints des pierres, devinrent successivement plus nombreux, en même temps qu'ils prirent plus d'importance. Des sondages pratiqués dans les maçonneries avaient déjà fait reconnaître que les mortiers étaient complètement décomposés.

Le bassin du Roi n'ayant pu être mis à sec depuis l'année 1877, par suite du mauvais état des portes de l'écluse Lamblardie, située en amont du bassin du Roi et commandant le bassin du Commerce, on ne put entreprendre aucune réparation sérieuse au radier de l'écluse Notre-Dame, et l'on dut se borner à arrêter les infiltrations à mesure qu'elles se produisaient, soit au moyen d'étoupes refoulées dans les joints des pierres et recouvertes de ciment à prise rapide, soit même avec des coins en bois tendre enfoncés dans les joints. Ces procédés restaient forcément superficiels et ne pouvaient apporter aucune amélioration aux parties inférieures des maçonneries ; néanmoins, pendant longtemps, on ne constata aucune déformation dans la surface du radier.

Au mois de mai 1880, la situation changea brusquement ; les fuites augmentèrent rapidement d'intensité ; de

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

jets, ayant jusqu'à 2 mètres de hauteur, se firent se mer, sur la plate-forme du radier; puis, l'eau, à se frayer des passages sous les maçonneries, millonnant avec force, par deux ouvertures réservées de l'écluse pour recevoir les étayements des pendant la restauration de 1836, et remplis par de bois et par du béton décomposé, qui fut

res de l'ancienne plate-forme conservée au pied gauche, déjà ébranlées par de nombreux chocs se mirent en mouvement dans la partie voisine et ouvrirent de nouveaux débouchés à l'eau qui fit le poteau tourillon de la porte et les pierres du . (Pl. 12, fig. 2).

érations, faites à la cloche à plongeur, restèrent sans résultat : les trous bouchés avec du béton de Vassy, dont la prise était incomplète dans de deux marées, se vidèrent plusieurs fois, loin pris d'abaisser le niveau du bassin du Roi et strictement nécessaire pour ne pas gêner les is leur échouage, ni fatiguer les portes au moment de leur ouverture.

quelque temps encore l'état du radier sembla onnaire : les écoulements d'eau continuaient à causer de nouvelle désorganisation, quand, constatata, avec la cloche à plongeur, que plusieurs radier, voisines du heurtoir des portes, étaient à leur lit, et quelques jours après, des jets, de violence, se déclarèrent près du busc, s'échappèrent par de larges ouvertures dues à des pierres brisées et du courant.

ite du bajoyer gauche, qui avait été consolidée par des étriers en fer scellés dans le bajoyer et le plombait néanmoins de plus en plus; les joints, remplis à plusieurs reprises, avec des coulis

de ciment, atteignaient jusqu'à 0^m, 12 de largeur, d'où l'eau s'échappait en abondance; on devait donc craindre que la destruction de cette plate-forme n'entraînât celle du bajoyer.

Ces faits montrèrent que les dommages étaient considérables, et qu'une situation aussi alarmante ne pouvait se prolonger plus longtemps, sans exposer à la fois l'écluse et les portes aux plus graves accidents. A partir du commencement d'octobre 1880, l'écluse cessa de fonctionner.

Nous n'avions pas attendu ce moment pour préparer le projet de restauration de l'écluse. Nos propositions, concertées avec M. l'Ingénieur en chef Bellot, furent approuvées d'urgence le 13 novembre 1880, et les travaux commencèrent à la première vive-eau du mois de décembre.

Les dépenses étaient évaluées à 96 000 francs.

En raison des conditions particulières de ces réparations, des sujétions de marées, des épuisements et des imprévus, les travaux ont été exécutés en régie, à l'exception de quelques parties de maçonneries pour lesquelles nous avons pu traiter avec un entrepreneur.

Dans l'examen que nous allons faire de ces travaux, nous les diviserons en trois parties :

1° Reconstruction du busc en maçonnerie et remplacement du heurtoir en charpente des portes;

2° Consolidation de la plate-forme du radier au moyen d'injections de ciment de Portland;

3° Suppression de la retraite du bajoyer gauche de l'écluse, et reprise en sous-œuvre des maçonneries.

RECONSTRUCTION DU BUSC EN MAÇONNERIE.

Le busc en maçonnerie de pierre calcaire, et la partie du radier contiguë, avaient particulièrement souffert des efforts de sous-pression qu'ils avaient eu à subir depuis que les mortiers étaient décomposés; un certain nombre de pierres

étaient brisées, d'autres étaient soulevées et, retenues par des éclats de pierres, n'avaient pu reprendre leur place.

Devant un tel désordre, on se décida à reconstruire le busc en n'attaquant, toutefois, que la moitié de la largeur de l'écluse à la fois, afin de laisser l'autre moitié libre pour l'écoulement des eaux, très abondantes, provenant du bassin du Roi et des pertes des vieilles portes de l'écluse Lamblardie.

On établit d'abord une ceinture de batardeaux volants embrassant une partie de la chambre des portes, le haut radier sur 10 mètres de longueur en moyenne et sur un mètre au delà de l'axe longitudinal de l'écluse. Ces batardeaux, construits en planches de sapin et remplis de terre glaise, avaient une hauteur maximum de 0^m,80 sur le haut radier, et de 1^m,20 dans la chambre des portes, qui permettait de travailler pendant environ 16 marées, à chaque vive-eau, avec une durée variable de 2 à 3 heures.

Les épuisements étaient faits au moyen d'une machine locomobile de 16 chevaux, placée sur le couronnement de l'écluse, actionnant une pompe centrifuge débitant 55 litres par seconde, installée sur le radier et communiquant avec un puisard creusé dans les pierres mêmes du bas radier. Les eaux se déversaient directement dans l'écluse du côté de l'avant-port. Vingt minutes suffisaient pour mettre le radier à sec.

Les préparatifs terminés, on démolit les pierres du busc et celles du radier qui étaient brisées ou de mauvaise qualité.

Les pierres étant enlevées, une première difficulté se présenta; l'eau, qui entourait extérieurement nos batardeaux, se frayant des passages sous les pierres du haut radier, sortait en abondance et rendait impossible tout travail de maçonnerie. Pour nous débarrasser de cette eau, nous fîmes percer à la barre à mine, dans les pierres du haut et du bas radier, une ceinture de trous assez rappro-

chés, traversant l'épaisseur du radier. A la morte-eau suivante, on injecta, par ces trous, des coulis de ciment de Portland, qui formèrent ainsi, sous les pierres, des barrages étanches. Ces premières injections réussirent parfaitement ; on interrompit les épuisements pendant la prise du ciment, et l'on put ensuite reprendre le travail sans être nullement gêné par l'eau.

Le busc a été rétabli en maçonnerie de granit de chaque côté du heurtoir en charpente, et, pour prévenir les ébranlements produits par les chocs des portes, quelquefois très violents, les pierres, taillées en voussoirs, ont été reliées entre elles par des goujons en fer placés entre les joints, et rattachées avec le bas radier au moyen de forts scellements en fer galvanisé, de 0^m,04 d'équarrissage, encastrés dans la face des pierres.

Les parties du radier en arrière du busc ont été reconstruites en maçonnerie de briques avec mortier de ciment de Portland.

Enfin, le heurtoir des portes, en bois de chêne, de 0^m,30 sur 0^m,40 d'équarrissage, qui forme l'angle du busc, a été remplacé et scellé dans les pierres du radier avec des boulons en fer galvanisé de 0^m,045 de diamètre.

INJECTIONS DE CIMENT.

Les jets d'eau, qui s'étaient propagés sur la surface du radier de l'écluse Notre-Dame, s'étendaient jusqu'à 18 mètres en aval des portes ; ils indiquaient évidemment que des lames d'eau, en communication directe avec le bassin du Roi, circulaient librement sous les pierres, sans que le mortier décomposé y mit obstacle. La consolidation de la plateforme du radier devait donc consister à remplir de ciment les vides qui existaient entre les pierres, de manière à donner une nouvelle cohésion à la maçonnerie et arrêter en même temps la circulation de l'eau à travers le radier.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

ur atteindre ce but, nous avons employé des injections de ciment de Portland, déjà us, en 1855 et 1856, pour la consolidation de la Floride, dans des circonstances qui se sont présentées à l'écluse Notre-Dame pour cette écluse, il s'agissait de réparations produites par la décomposition des pierres pratiquées dans les pierres de la radier de l'écluse de la Floride, avaient fait voir que sous ces pierres, le massif de l'écluse était décomposé sur une certaine épaisseur d'eau, provenant de la retenue du lac. Les pierres et le béton; par des trous dans le radier, le courant avait même rejeté le mortier et ne conservaient pas un atome de mortier. Le problème à résoudre, pour remédier au défaut, consistait donc à trouver le moyen de faire sous les pierres d'appareil, le béton décomposé. L'Ingénieur ordinaire, s'arrêta à l'idée de faire sous les pierres, et, après de nombreuses expériences, il mit ce procédé en pratique pour la radier.

Il est ainsi qu'à la suite de quelques essais, on a fait un mortier par du ciment de Portland gâché avec du sable, pour éviter le mélange de mortier de différentes natures, qui se seraient séparées à l'emploi de la pompe, dont on s'était servi. Les expériences, on substitua des tubes en zinc de longueur et de 0^m,06 de diamètre, dans lesquels on faisait le coulis de ciment au moyen d'une pompe.

On reconnut enfin que pour assurer l'adhésion du ciment dans toutes les parties de l'écluse, les trous d'injection devaient être espacés de 0^m,50. Ce sont ces mêmes procédés qui nous ont servi pour la réparation du radier de l'écluse Notre-Dame.

compte, toutefois, des conditions différentes des maçonneries des deux écluses.

Comme on l'a vu dans la description de l'écluse Notre-Dame, le radier, sur son ancienne largeur de 13 mètres, est construit en pierres de taille partagées en deux assises, l'une formée par les voussoirs de la plate-forme supérieure, l'autre en libages posés sur un plancher en bois simplement établi sur le terrain naturel. L'épaisseur du radier, qui est seulement de 1^m,45 au milieu de l'écluse, non compris le plancher de 0^m,15 d'épaisseur, atteint, transversalement, 2^m,35 à ses extrémités par une courbe de 0^m,90 de flèche.

Cette conception, qui devait assurer primitivement la solidité du radier, devenait à peu près sans effet du moment que la liaison des pierres n'existait plus : la faible courbure du radier et les dimensions des matériaux ne présentant pas une résistance suffisante à opposer à la pression de la retenue du bassin, il est supposable que, sans le mortier encore en assez bon état qui garnissait la partie supérieure d'un certain nombre de joints, les dégâts qui se sont déclarés ne se seraient pas limités au soulèvement et à la destruction des pierres voisines du busc.

D'après ces explications, on voit que, si pour l'écluse Notre-Dame les vides à remplir avaient partiellement moins d'importance qu'à l'écluse de la Floride, ils étaient, au contraire, plus multipliés, et qu'au lieu de propager les injections de ciment en une couche unique, comme à cette dernière écluse, on devait chercher à les faire communiquer dans la masse entière de la maçonnerie.

Le forage des trous de barres à mine a été dirigé de manière à vaincre aussi complètement que possible cette difficulté.

Les trous furent percés régulièrement sur les grandes lignes de joints des plates-bandes transversales du radier, lesquelles ont de 0^m,60 à 0^m,70 de largeur; on espaça les trous sur chaque ligne de 0^m,60 en les plaçant en quinconce

—

—

—

—

mortiers mélangé avec une vase noire et épaisse qui peu à peu s'éclaircissait, et l'on continuait de pomper jusqu'à ce que l'eau expulsée devînt complètement claire.

Tous les trous avoisinant le busc, dans la chambre des portes et sur le haut radier, sur 12 mètres de longueur, furent percés à sec en dedans des batardeaux, et, pour les trous forés à l'aval, on profita des plus basses marées de vives-eaux, de sorte que les nettoyages furent partout facilités.

Un exemple fera mieux comprendre l'importance du nettoyage dans les injections sous-marines : au début des réparations, nous nous étions encore servi des tubes en zinc pour le nettoyage des maçonneries ; puis, les injections furent faites après ces premiers lavages. Voulant en dernier lieu vérifier le résultat obtenu sur ce point, nous fîmes percer au milieu des pierres, entre les deux lignes de trous déjà injectés, une nouvelle série de trous d'épreuve ; ayant ensuite fait fonctionner la pompe, on fit sortir, par ces trous, qui se correspondaient entre eux, une certaine quantité de vase refoulée sans doute par le ciment, et qui avait empêché l'injection de se répandre sur toute la surface correspondante.

Les sondages à la barre à mine qui furent faits sur le bas radier dans la chambre des portes, l'état général de la plate-forme en pierres, qui ne présentait que très peu de déformations, et la faible quantité de ciment absorbée par les injections sur cette partie de l'écluse, nous décidèrent à ne percer que deux lignes de trous d'injection en amont et parallèlement au busc.

Sur le haut radier, au contraire, les forages s'étendirent jusqu'à une distance de 20^m,65 en aval du sommet du busc, c'est-à-dire à 2^m,65 au delà de la surface où les écoulements d'eau les plus éloignés avaient été remarqués.

On perça ainsi 60 trous dans le bas radier, et 542 trous en aval des portes.

OIRI

it te

ient

quel

i su

tub

néti

ie.

.us

pl

. tu

igu

de

de

iam

ons

ir a

gro

leur

on

ass

me

rrêt

; les

Poi

de,

truc

it f

, po

abl

ché

ploy

cor

e, c

zin

du trou, et y emmanchait le tube d'injection; puis, on lavait de nouveau la maçonnerie en introduisant par l'entonnoir de l'eau à plusieurs reprises; on versait ensuite le ciment jusqu'à ce que le tube fût rempli, en l'agitant au moyen d'une longue tige de fer, en même temps qu'on frappait doucement le tube pour faire descendre le ciment; on laissait enfin le tassement se produire pendant que l'on continuait les injections dans les tubes voisins. Quand on jugeait l'opération terminée, on retirait le tube et on le lavait immédiatement avec soin. Les injections se faisaient simultanément par séries de six trous à la fois, ce qui permettait de les continuer sans pertes de temps pour les ouvriers. A la vive-eau suivante, on coupait les petits tubes en zinc au niveau du radier.

On commença les injections par les lignes de trous percés dans la chambre des portes, puis, on les continua sur le haut radier en se dirigeant de l'amont vers l'aval et du milieu de l'écluse en remontant vers les bajoyers.

Etant donnés l'état général de perméabilité des maçonneries du radier et le rapide courant qui passait par l'écluse, les coulis de ciment, principalement pour les premières lignes injectées à l'amont, auraient été sinon emportés, du moins fortement troublés, si nous avions fait les injections pendant que le radier était à sec avec une sous-pression latérale de 2^m,35 de hauteur à partir du dessous des maçonneries; nous avons évité ce danger en n'opérant qu'aux basses mers de morte-eau; nous avons alors une hauteur d'eau moyenne de 0^m,90 sur le radier; le courant était très faible, sans action sous les pierres, et la sous-pression complètement nulle.

La quantité de ciment absorbée par les injections a été beaucoup plus considérable dans le voisinage du busc que partout ailleurs, ce qui s'explique bien par les désorganisations plus complètes qui existaient près de la butée des portes; quelques trous ont absorbé jusqu'à 410 kilogrammes

de ciment. D'autres, 260 kilogrammes, et un plus grand nombre, de 100 à 150 kilogrammes. La moyenne générale du ciment employé a été de $60^k,23$ par trou, sur toute la surface du radier.

Le coulis était composé d'un volume d'eau de mer pour un volume quatre dixièmes de ciment de Portland, correspondant à un litre d'eau pour $1^k,92$ de ciment admis à la densité moyenne de 1375 kilogrammes.

D'après les résultats obtenus par les expériences, il est entré 1426 kilogrammes de ciment dans la composition d'un mètre cube de mortier considéré après cinq jours d'immersion, c'est-à-dire à l'état solide.

Le poids total du ciment employé pour les injections du radier étant de 36 260 kilogrammes, le volume du coulis solidifié représente donc un cube de $25^m,43$. Les pertes occasionnées par le ciment resté dans les tubes, après chaque injection, et les répandages sur le radier, ont été peu importantes; en les admettant cependant pour un dixième, il reste pour le volume du mortier employé utilement, un cube de $22^m,89$.

La surface injectée étant de $272^m2,30$, on en déduit que la quantité de ciment introduite dans le radier, tant sous le lit des pierres que dans les joints verticaux, ressort ainsi à $119^k,8$ par mètre carré, et, en volume, solidifié à $0^m,084$.

Ce résultat permet de supposer que la maçonnerie a été entièrement reconstituée, même en tenant compte des vides existant entre les libages, et du ciment qui a pu s'introduire à travers les joints du plancher de fondation. En vidant les joints des pierres supérieures du radier pour en faire le rejointoiement, nous avons rencontré le ciment qui avait reflué dans ces joints par les injections.

L'expérience suivante nous a d'ailleurs confirmé l'efficacité des injections qui venaient d'être terminées : les portes du bassin ayant été fermées à la pleine mer d'une marée de vive-eau, nous avons fait déboucher, à la basse mer

suivante, un certain nombre de trous percés à 11^m,50 en aval du busc, réservés pour cette épreuve, et pu ainsi constater que le niveau de l'eau restait invariable dans ces trous; que, conséquemment, ils étaient sans communication avec la retenue du bassin.

Nous terminerons enfin par le détail de la dépense qui se rapporte aux injections du radier, établie d'après les attachements pris en cours d'exécution :

Percement à la barre à mine de 602 trous d'injection, de 0 ^m ,08 de diamètre et de 1 ^m ,70 de longueur moyenne, soit 1023 ^m .40 linéaires à 10 francs le mètre.	fr. c. 10 234,00
Lavage des trous au moyen d'une pompe aspirante et foulante à 2 francs l'un.	1 204,00
36 260 kilogrammes de ciment de Portland à 76 francs les 1000 kilogrammes. . .	2 755,76
Gâchage et injection du ciment à 62 francs les 1000 kilogrammes.	2 248,12
24 tubes d'injection en zinc de 0 ^m ,08 de diamètre et 4 mètres de longueur, y compris l'entonnoir, à 15 francs l'un.	360,00
602 petits tubes en zinc de 0 ^m ,08 de diamètre et 0 ^m ,30 de longueur, à 1 ^f ,60 l'un, y compris le scellement en ciment sur les trous.	963,20
602 bondes en bois de sapin à 0 ^f ,50 l'une.	301,00
Fourniture et réparation de barres à mine.	800,00
Façon et établissement de batardeaux dans l'écluse.	7 678,00
Épuisements.	5 094,00
Installation d'échafaudages pour les injections, location d'une pompe, éclairage et autres dépenses.	1 500,00
Total.	<u>33 138^f,08</u>

La surface du radier, consolidée par les in-

jections de ciment de Portland étant de
 272^m,30, le prix du mètre carré ressort
 ainsi à.

121^f,70

SUPPRESSION DE LA RETRAITE DE L'ÉCLUSE
 ET MAÇONNERIES EN SOUS-ŒUVRE.

Les travaux de restauration de l'écluse Notre-Dame ont été complétés par la démolition de la retraite ou plate-forme de 3 mètres de largeur conservée au pied du bajoyer gauche, lors de l'élargissement de l'écluse, et par la reprise en sous-œuvre des maçonneries du bajoyer.

Cette plate-forme était devenue très gênante pour le passage dans l'écluse, à mesure que les dimensions des navires avaient augmenté ; c'était une cause permanente d'avaries pour les bateaux à vapeur à roues, et les ailes des hélices s'y brisaient quelquefois ; sa suppression était donc vivement désirée.

Les pierres qui formaient le parement de cette maçonnerie, sans cohésion entre elles par suite de la décomposition du mortier, disloquées et même brisées, comme nous l'avons dit, par les abordages de navires, ne présentaient aucune solidité sur toute l'étendue de la plate-forme ; mais c'est surtout dans la partie voisine des portes que le massif avait plus directement subi les effets de la poussée de l'eau, et, sur près de 15 mètres de longueur, il surplombait déjà de 0^m,30 vers l'écluse sur sa hauteur de 1^m,90 (Pl. 12, fig. 2).

Dans des conditions aussi instables, la protection du bajoyer, qui sans doute avait motivé la conservation de ce massif de maçonnerie, n'existait plus en réalité.

Ces considérations nous avaient conduit à proposer de supprimer complètement la plate-forme et de la remplacer par une courbe de raccordement, prolongeant exactement la surface curviligne du radier en pierre de taille jusqu'au

piéd même du bajoyer, en évitant ainsi tous les inconvénients d'un obstacle aussi nuisible pour la navigation (Pl. 12, *fig.* 3).

D'après les sondages que nous avons fait faire au bajoyer droit de l'écluse, qui a conservé ses dimensions primitives, pour établir, par comparaison, quelle serait encore l'épaisseur du mur engagée sous le massif supérieur après l'enlèvement de la retraite du bajoyer gauche, nous avons trouvé que cette épaisseur devait être de 2^m,75 au moins.

La nouvelle maçonnerie à reprendre en sous-œuvre, pouvant être descendue jusqu'aux anciennes fondations en charpente du bajoyer, de manière à former, en avant du mur, un large empatement de 3 mètres, égal à la largeur de la retraite supprimée, nous parut présenter une solidité suffisante pour contre-buter le bajoyer, et remplacer efficacement l'ancienne plate-forme, qui, depuis longtemps, n'agissait plus que par le poids des matériaux pour s'opposer au renversement ou au glissement du bajoyer.

Les démolitions et les reprises en sous-œuvre ont été exécutées par tranches de 2 à 3 mètres de longueur à la fois ; on étayait solidement le bajoyer en s'appuyant sur les traverses de l'ancienne fondation, et on pénétrait dans le vieux mur de 0^m,75 à 1 mètre, en se guidant surtout d'après l'état de la maçonnerie que l'on rencontrait.

La maçonnerie de raccordement avec l'ancien mur a été exécutée avec des moellons siliceux, maintenus en avant par une maçonnerie de briques rouges grésées s'avancant en redans jusqu'à la base et disposée de manière à réserver l'épaisseur du parement du radier.

Ce travail préparatoire étant achevé, toute crainte de mouvement pour le bajoyer avait disparu en même temps ; nous n'avions d'ailleurs constaté aucun tassement pendant les reprises en sous-œuvre.

Le parement de la courbe de raccordement du radier,

qui terminait le travail, a été exécuté avec quatre rouleaux de briques, sur 0^m,45 d'épaisseur.

On a employé pour toutes ces maçonneries du mortier de sable et ciment de Portland, au dosage forcé de 700 kilogrammes par mètre cube de sable, pour tenir compte des délavages du ciment causés par les écoulements d'eau provenant de l'intérieur des bajoyers pendant l'exécution du travail.

CONCLUSION.

La restauration du radier de l'écluse Notre-Dame, commencée au mois de décembre 1880, s'était continuée sans interruption à toutes les marées où l'abaissement de la mer permettait de travailler soit à la reconstruction du busc ou aux injections, soit à la reprise en sous-œuvre du bajoyer gauche. Les travaux étaient terminés dans le courant du mois de septembre suivant ; et, un mois après, quand nous avons reconnu que les mortiers avaient acquis une dureté suffisante pour n'avoir plus à craindre aucune détérioration causée par la sous-pression de l'eau, nous avons fait fermer les portes du bassin du Roi, d'abord en morte-eau, puis avec une retenue de 6^m,50 au-dessus du radier ; sous cette charge exceptionnelle, aucun suintement n'a été observé sur la surface du radier.

Cette épreuve ayant été continuée pendant toute la durée de la vive-eau, avec le même résultat, l'écluse Notre-Dame a été définitivement remise en service, après une interruption de près d'une année.

Depuis ce moment, huit mois se sont écoulés ; et toutes les vérifications, qui ont été faites sur le radier, aux basses mers de vives-eaux, n'ont fait découvrir aucun écoulement d'eau par les joints des pierres, de même que sur la courbe de raccordement en maçonnerie de briques et ciment de Portland qui remplace l'ancienne retraite.

Ces résultats permettent de conclure que le procédé des injections de ciment, appliqué au port du Havre, en deux circonstances différentes, peut, dans certains cas, être employé utilement pour la réparation des maçonneries sous-marines.

Le Havre, 22 mai 1882.

$\frac{D}{I}$ et $\frac{I}{O}$. Il donne donc pour les frais à la charge de l'exproprié :

$$f = F \times \frac{\frac{D}{I}}{\frac{D}{I} + \frac{I}{O}} = F \times \frac{DO}{DO + I^2}, \quad (1)$$

et pour ceux à la charge de l'Administration :

$$f' = F \times \frac{\frac{I}{O}}{\frac{D}{I} + \frac{I}{O}} = F \times \frac{I^2}{DO + I^2} \quad (2)$$

M. Delalleau, substituant la proportion arithmétique ou par différence, à celle par quotient, a donné dans son *Traité de l'expropriation* les formules beaucoup plus simples et plus commodes :

$$f = F \left(\frac{D - I}{D - O} \right) \quad (3)$$

$$\text{et } f' = F \left(\frac{I - O}{D - O} \right) \quad (4)$$

Nous avons vu, dans les différents services auxquels nous avons été attaché, les magistrats directeurs appliquer tantôt l'un, tantôt l'autre de ces deux systèmes, qui conduisent cependant à des résultats bien différents.

Supposons par exemple :

$$O = 1\,000^f \quad D = 6\,000^f \quad \text{et} \quad I = 3\,000^f$$

les formules (1) et (2) donneront

$$f = \frac{2}{5} F \quad \text{et} \quad f' = \frac{3}{5} F,$$

et celles (3) et (4) les résultats précisément inverses

$$f = \frac{3}{5} F \quad \text{et} \quad f' = \frac{2}{5} F.$$

Si l'on prenait

ET

400

ner

et

is 1

n,

prie

ent.

cher

t (

bie

ux h

fre,

den

don

at

l'in

qu't

ait

n de

l'ar

pal

pa

épe

« Si l'indemnité est égale à la demande des parties,
« l'Administration sera condamnée aux frais. »

Cette double prescription est au contraire remplie par les formules (3) et (4), qui donnent :

$$\begin{array}{ll} \text{pour } I = 0 & f = F \\ \text{et pour } I = D & f' = F. \end{array}$$

Rien ne s'oppose d'ailleurs à ce qu'on prenne, dans le cas du troisième paragraphe du même article, les proportions *par différence*, puisque le texte de la loi est muet à cet égard, et qu'il existe en arithmétique des proportions par différence aussi bien que par quotient. Les premières satisfont même mieux l'esprit. Il semble naturel, en effet, que dans le cas où, pour nous servir d'une expression vulgaire, le jury coupe la poire par le milieu, ce qui correspond à $I = \frac{0 + D}{2}$, les frais soient partagés par moitié entre l'exproprié et l'Administration. Or le groupe (3) et (4) est le seul qui donne dans ce cas

$$f = f' = \frac{1}{2} F.$$

Concluons donc que les formules très simples

$$f = F \left(\frac{D - I}{D - 0} \right) \quad \text{et} \quad f' = F \left(\frac{I - 0}{D - 0} \right)$$

satisfont aux trois paragraphes de l'article 40 de la loi du 3 mai 1841, et que leur emploi exclusif doit être conseillé à messieurs les magistrats directeurs des jurys d'expropriation, dans le cas général où l'indemnité est comprise entre l'offre et la demande.

N° 21

NOTE

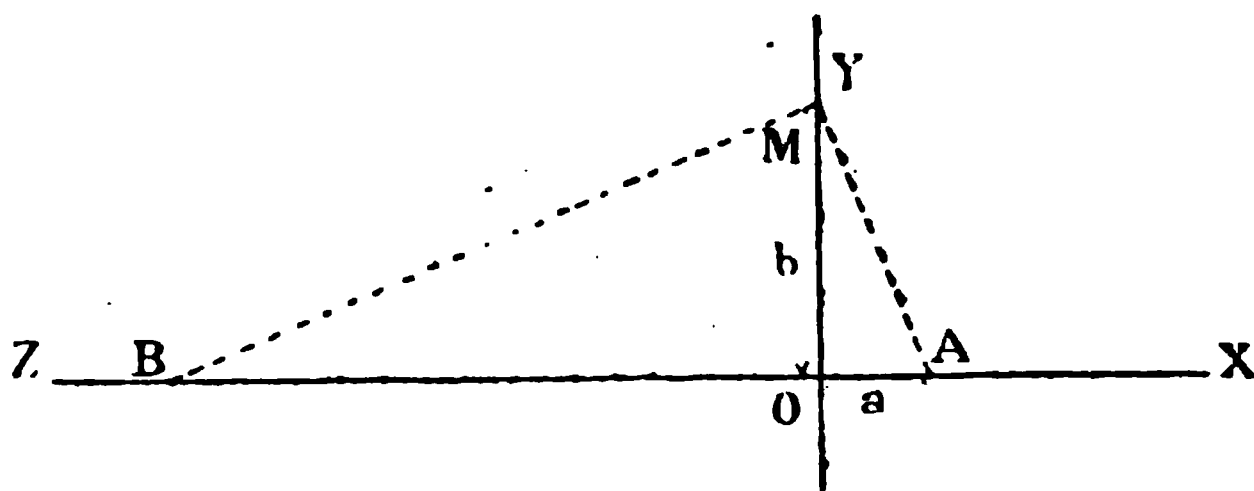
SUR L'ÉVALUATION DES SURFACES DE DÉBLAI ET DE REMBLAI

Par M. LÉON DURAND-CLAYE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
(D'après les indications de M. d'OCAGNE, élève-ingénieur).

Dans le 1^{er} semestre des *Annales* de 1881 (p. 98) M. Siégler a fait connaître un procédé très simple pour déterminer les surfaces des profils en travers dans les projets de terrassements. On sait qu'une telle surface s'exprime par la formule

$$Z + k = \frac{(y + lp)^2}{2(p \pm x)},$$

où y est la cote rouge sur l'axe, l la demi-largeur de la plateforme, p la pente du talus, x la déclivité du terrain, et k une constante. En posant $z + k = z'$, $y + lp = y'$, $2(p \pm x) = x'$, on obtient $z' = \frac{y'^2}{x'}$. M. Siégler dresse une épure composée de deux axes rec-



tangulaires OX et OY. Sur chacun d'eux il trace des divisions espacées suivant les valeurs que prennent x' et y' pour des valeurs successives de x et y inscrites à côtés des traits.

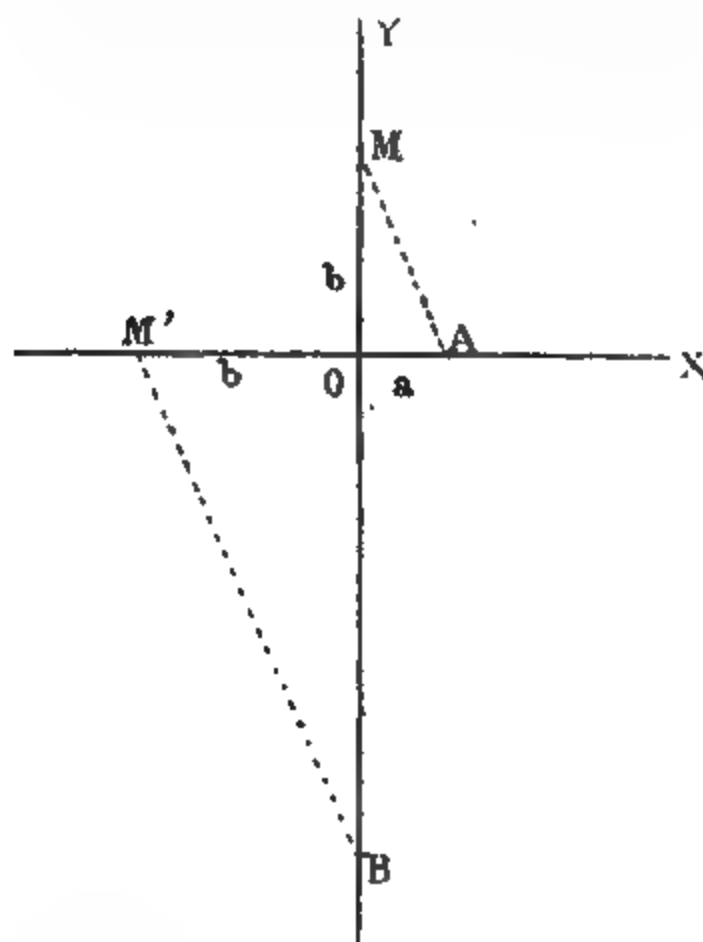
Sur le prolongement OZ de l'axe OX, il dessine une échelle ana-

de z . Pour avoir la surface qui correspond à a et $y = b$, il place le sommet d'une équerre sur l'axe OY où est marquée la valeur b , et il fait passer cette équerre par le point A , où est marquée la valeur a sur l'axe OX . Le point B , où il coupe l'axe OY , est marqué au point B , où il est marquée une valeur $OB = \frac{b^2}{a}$, qui est précisément la

12.

On donne quelque précision que si le sommet de l'équerre est exactement au point voulu M . Cette condition est facile à réaliser que si l'on a recours à un instrument tel que celui que M. Siégler a imaginé et décrit. Cette méthode sans doute la cause principale qui a empêché ce

de ingénieur de 3^e classe à l'École des Ponts et Chaussées de substituer le tracé d'une parallèle à celui d'une droite. L'échelle des Z est tracée en prolongement



l'extension de OX reçoit une échelle OY' exacte-
l'échelle OY .

Si donc, après avoir tracé la ligne MA, on prend, sur OY', $OM' = OM = b$ et que par le point M' on mène M'B' parallèle à MA, on a $OB' = \frac{OM'.OM}{OA} = \frac{b^2}{a} = z$.

L'épure de M. Siégler étant ainsi transformée, il n'est plus besoin d'un instrument spécial pour en faire usage. La règle et l'équerre ordinaire de dessinateur suffisent.

On place un des côtés de l'équerre suivant MA, puis on le ramène parallèlement à lui-même en M', et la cote du point B' où il rencontre l'axe OZ donne la surface cherchée. On peut aussi se servir d'un transparent à traits parallèles.

La transformation que M. d'Ocagne a imaginée est comme, on le voit, aussi simple qu'ingénieuse; elle rend absolument pratique le profilomètre de M. Siégler, qui devient, peut être, le meilleur des procédés graphiques pour le calcul des profils.

N° 22

NOTE

SUR LES APPAREILS DE SÉCURITÉ

LEBLANC ET LOISEAU

Par M. BROSSARD DE CORBIGNY, Ingénieur en chef des Mines.

MM. Leblanc et Loiseau, constructeurs, 15, rue de Bréa, à Paris, ont présenté à l'administration des chemins de fer de l'Etat de nouveaux appareils de sécurité qui ont été essayés, en 1881-82, aux abords de Tours. Le service du contrôle a suivi ces expériences, et, d'après ses premiers rapports, M. le Ministre des Travaux Publics a décidé, sur l'avis du Comité de l'exploitation technique, qu'une notice à ce sujet serait insérée aux *Annales*.

Tel est l'objet du présent travail.

Le but poursuivi par les inventeurs est de faire donner par les trains eux-mêmes, lorsqu'on le juge utile, les signaux indiquant leur situation sur la ligne. Les appareils se composent donc d'une pédale, d'une transmission électrique et d'un récepteur approprié au but qu'on se propose. Nous n'aurons rien à dire des transmissions électriques, qui n'offrent rien de particulier : nous donnerons seulement une indication sommaire des appareils récepteurs, mais nous insisterons avec plus de détail sur la *pédale*, qui est la partie essentielle du système.

kilomètre de son parcours entre ces deux stations, le train en marche fait avancer les aiguilles d'une division, et au même temps une sonnerie résonne pendant tout le passage du train sur chaque pédale. Le nombre des divisions des cadrans étant égal à celui des kilomètres, le tour complet des aiguilles correspond à la totalité du parcours. Ainsi cet appareil, indépendamment de ce qu'il rappelle fréquemment, par un signal acoustique que la voie est occupée, indique à chaque instant où se trouve le train qui vient d'être expédié ou qui est attendu; il signale, si on ne peut le voir de loin, l'imminence de son arrivée et, dans les petites stations, il permet à un personnel peu nombreux d'utiliser, jusqu'au dernier moment, les instants dont on dispose. Il permet encore d'observer à distance la vitesse des trains et peut devenir un moyen utile de la constater dans un poste fixe; enfin il indique les détresses et leur situation.

Indépendamment de ces deux appareils, MM. Leblanc et Loiseau en ont construit un troisième qui serait destiné à donner aux stations l'application du *block system*; mais ce dernier mécanisme n'a pas encore fonctionné sur le réseau de l'Etat.

Nous n'avons pas, au surplus, à insister sur les diverses applications dont est susceptible le principe de l'emploi d'une pédale comme appareil manipulateur, mais elles sont assez nombreuses pour qu'il y ait un réel intérêt à faire connaître les résultats obtenus, quoique sur une échelle encore restreinte, avec l'appareil à soufflet Leblanc et Loiseau. La simplicité de sa construction et de son fonctionnement et la facilité de son entretien paraissent bien atteindre le but que se sont proposé les inventeurs.

Tours, 15 octobre 1882.

N° 23

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. Charles DIDION

Inspecteur général des Ponts et Chaussées,
Directeur de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans.

Par M. NOBLEMAIRE, Ingénieur en chef des Mines,
Directeur de la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon
et à la Méditerranée.

Des pertes nombreuses et vivement ressenties frappent coup sur coup le corps des Ponts et Chaussées. C'est pour lui une ancienne et louable coutume d'inscrire à son livre d'or le nom de ceux de ses membres qui l'ont particulièrement honoré et dont il a le droit de s'enorgueillir; c'est pour l'auteur de ces lignes un devoir à la fois d'affection et de reconnaissance de retracer la vie et les services de l'homme si bienveillant, de l'éminent Ingénieur dont l'Administration publique et la grande industrie ont eu naguère à regretter la perte.

Né le 30 janvier 1803, à Charmes (Moselle), Charles Didion est entré à l'École Polytechnique en 1820. Il en est sorti le premier en 1822 pour entrer à l'École des Ponts et Chaussées. Il est devenu Ingénieur ordinaire en 1825, Ingénieur en Chef en 1841, Inspecteur divisionnaire en 1848, Inspecteur général en 1857. — Chevalier de la Légion d'honneur en 1841, Officier en 1846, Commandeur en 1864, M. Didion a pris une trop grande part à

malgré tout ; on a beau essayer d'en alléger le poids par de savantes combinaisons, par la multiplication des envois confiés au messenger qui, deux fois par semaine, fait le service entre Charmes et Nancy ; cela n'empêche pas que l'époque du paiement des droits universitaires revienne bien fréquemment. L'enfant ne cesse de s'en lamenter dans ses lettres, en donnant à ses parents l'assurance touchante que sa bonne conduite et son travail leur rendront le fardeau moins lourd et qu'il saura les récompenser de leurs sacrifices. Son professeur, qui plus tard devait devenir son beau-frère, M. Roussel, se porte garant de ces promesses et d'une parole que, devenu homme, l'enfant a vaillamment tenue.

En 1820, il entre le quatorzième à l'École Polytechnique ; il y apporte ces habitudes de travail réglé et tranquille qui, pendant toute sa carrière, feront sa force, mais que des intelligences moins bien douées pourraient difficilement se permettre. « Notre promotion, écrit il, est infatigable et une espèce de rareté ; les salles sont presque pleines à quatre heures du matin ; il y a plus de la moitié des élèves qui ne se couchent qu'à une heure ou minuit. Et moi, qui travaille quatre fois plus qu'à Nancy, je suis ici une espèce de paresseux..... Je n'essaye pas d'en faire autant, parce que c'est un mauvais système ; je n'ai pas encore travaillé en dehors des heures d'étude..... Je ne compte guère monter cette année, parce qu'il y a trop d'élèves qui avaient sur moi de l'avance ; mais ces différences disparaîtront l'année prochaine, et rira bien qui rira le dernier. »

Il ne devait pas attendre longtemps pour « bien rire, » et, en novembre 1821, il entre en 2^e division, premier de sa promotion : « Lundi matin, messe du Saint-Esprit avec sermon par l'archevêque de Paris, auquel j'ai eu l'insigne honneur d'être présenté ainsi qu'au président du Conseil, comme premier de la division. Après quoi, splendide déjeuner chez le général, avec l'archevêque, des pairs de

NOTICE NÉCROLOGIQUE SUR M. CH. DIDION.

A l'École des Ponts et Chaussées ces angoisses bliées ; il se laisse même aller à des rêves de fortune touchant pour la première fois, le 31 décembre, les qui représentaient alors, défalcation faite de la pour la retraite, les appointements mensuels d'un ingénieur.

La vie de Paris, bien modeste pourtant, deux de mission, l'un à Périgueux, l'autre à Rouen et à lui montrent que le moment de la réalisation de ces dorés n'est pas encore arrivé ; aussi, après l'achèvement de ses trois années d'études, préfère-t-il, à l'honneur de Paris, pendant une année, aux délibérations du général, une place en province. On le nomme, aspirant Ingénieur à Niort.

Il y passe trois années sous les ordres paternels de M. Mesnager ; les travaux à exécuter n'étaient pas importants, les crédits étaient rares ; un barrage écroulé de l'embouchure de la Sèvre à Marans, une écluse à Niort, la vie d'une petite ville avec ses cercles, ses salons, ses séduisantes familiarités, tel est le bilan d'un séjour de trois années au bout desquelles il a le droit de dire : « Philosophe par nécessité, je trouve cette vie trop courte pour un homme de quarante ans ; j'ai le sang trop chaud pour ne pas quelquefois la trouver un peu monotone. »

Aussi salue-t-il avec reconnaissance la décision du 15 mai 1828, l'attache à Decize, sous les ordres de l'ingénieur en chef Vigoureux, à la construction du canal latéral à la Loire. C'était la période des grands travaux entrepris par le Gouvernement pour établir ou améliorer les voies de navigation. L'impatient Ingénieur allait y trouver, en compagnie de ses camarades Job, Belin et Talabot, un large aliment à son activité, à son besoin d'apprendre le métier à la fois de l'école, celle de la pratique. A la suite de la tentative infructueuse faite, en 1829, par le Gouvernement, pour organiser avec des compagnies l'achèvement et l'exploitation

tient le service ordinaire de l'arrondissement de Nîmes.

Un service ordinaire à Nîmes, en 1832, devait laisser quelques loisirs à son titulaire. M. Didion le pensait bien, il y comptait ; il comptait aussi sur l'esprit d'initiative de son ami, sur la richesse du pays pour utiliser ses heures disponibles et donner libre carrière aux aspirations qui leur étaient communes.

« D'après Talabot, écrit-il le 8 mars 1832, la prospérité commerciale est plus grande dans ce pays qu'elle ne l'a été depuis quinze ans. L'enquête pour le chemin de fer se continue ; il espère faire une belle entreprise d'eaux à conduire à la ville de Nîmes, et projette un très grand dessèchement de marais, enfin un pont suspendu. Voilà plus de besogne que nous n'en pourrions faire, si la gastrite de Talabot le laisse plus libre de se fatiguer. Malheureusement il est bien souffrant... J'espère beaucoup de nos projets avec lui ; une fois lancés, nous pourrions peut-être aller loin, si la paix continue, comme cela est probable. »

C'est à Nîmes que se noue plus étroitement entre ces deux éminents collaborateurs une amitié fidèle, qui, pendant cinquante années, les a liés dans une inaltérable et féconde intimité.

M. Didion y arrive au mois de juillet 1832, et, pour unir plus étroitement leurs efforts, les deux amis font ménage commun dans une vaste maison où se trouvent à la fois leurs bureaux et leur domicile personnel, séparés les uns des autres par un jardin inondé d'air et de lumière. Séduisante installation pour ceux qui, comme eux, aiment la nature méridionale, ne se laissent effrayer ni par la poussière de Provence, ni par son soleil de juillet, et que charment au contraire son ciel bleu, ses âpres parfums, ses lumineux horizons et le chant des cigales.

Sous l'influence des passions religieuses surexcitées par cette ardente nature, les agitations à Nîmes sont fréquentes, les discordes parfois profondes. On le sait en Lorraine

et on s'en inquiète; le nouvel arrivé s'empresse de faire connaître à sa mère le pays auquel, pour de longues années, il va lier sa destinée.

« Notre maison est à M. de S..., aujourd'hui poursuivi comme carliste et caché. En cas de révolution, les protestants nous laisseraient paisibles, puisque nous sommes de leurs amis; et si les catholiques, plus nombreux, prenaient le dessus, notre maison, appartenant à un chef de leur parti, serait pour eux l'Arche sainte. La ville, du reste, est fort paisible aujourd'hui, grâce à la conduite prudente et modérée du Préfet, M. de Lacoste. Mais la population est autrement vivante que dans nos villes du Nord. Sur les boulevards qui entourent la ville, on circule au milieu d'une foule vive et pétulante dont l'air de gaieté est inconnu sous notre ciel gris du nord et du centre de la France. Ce sont là les éléments de la bruyante émeute; mais les partis se connaissent parfaitement; les pierres et les coups de poing ont toujours une adresse bien déterminée; de sorte que les étrangers pourraient, sans inconvénient, se mettre aux premières loges. »

Le service des routes pour M. Didion, le service du canal de Beaucaire pour M. Talabot ne pouvaient suffire à leur exubérante activité; ils exécutent de concert, avec autant d'habileté que de promptitude, d'importants travaux de dessèchement dans les étangs historiques que traverse ou côtoie le canal de Beaucaire à Aigues-Mortes, et complètent les projets du chemin de fer d'Alais à Beaucaire, pour lesquels une société d'études avait été organisée par M. Paulin Talabot et dont les avant-projets avaient été, dès 1831, présentés par lui au Conseil général des Ponts et Chaussées.

Sur l'insistance de M. Odilon Barrot et malgré la résistance de M. Thiers, aussi peu enthousiaste des chemins de fer dans le Midi que dans le Nord, le Gouvernement se décide à donner suite aux projets depuis si longtemps à l'étude, et

la loi du 29 juin 1833 approuve l'adjudication passée au profit de MM. Talabot, Veaute, Abric et Mourier.

On a bien usé depuis cette époque (et abusé) des prospectus destinés à faire connaître au public, qu'on veut enrichir malgré lui, le but, l'utilité, les avantages des entreprises qu'on lui propose. Ces procédés n'étaient pas encore de mode alors, mais on lira, croyons-nous, avec intérêt la lettre intime, aussi nette que précise, dans laquelle M. Didion exposait à sa famille le résultat de leurs communes études, l'objet et l'avenir probable de l'œuvre qu'ils allaient entreprendre :

« Mars 1833. — Le chemin de fer d'Alais à Beaucaire est destiné à faire arriver à bon marché à Beaucaire tous les produits du bassin d'Alais. A partir de là, les transports se font aisément, d'une part sur Marseille et Toulon par le Rhône et la Méditerranée, et d'autre part sur Montpellier, Toulouse et tout le Midi par les canaux de Beaucaire et du Languedoc. Le bassin d'Alais, riche en mines de toute espèce, est surtout très bien pourvu de houille et de minerai de fer : la houille est de la meilleure qualité, mais les frais de roulage sont trop élevés pour que sa consommation puisse s'étendre en dehors du département, et on n'en tire actuellement que 30 000 tonnes pour le service des machines, des distilleries et des forges d'Alais. La consommation de Marseille et de tout le Midi est alimentée par la houille de Saint-Étienne, qui descend le Rhône; mais du jour où les houilles d'Alais arriveront à bon marché au port de Beaucaire, elles s'empareront de tout le marché du Midi, qui, aujourd'hui, consomme au moins 60 000 tonnes, et qui en consommera d'autant plus que les prix baisseront davantage. Ce sera là le principal service du chemin de fer. Il aura 24 lieues de longueur : 4 d'Alais jusqu'aux mines, 14 d'Alais à Nîmes et 6 de Nîmes à Beaucaire; le transport, qui coûte aujourd'hui 34 francs des mines à Beaucaire, ne coûtera plus que 12 francs par le chemin de fer. Aussi les

prise nouvelle le baron James de Rothschild, plein de foi dans son avenir, et enfin un prêt de l'État, remboursable en charbon à fournir à la marine militaire à Toulon, assurent la réalisation de l'œuvre si patiemment et si soigneusement étudiée.

Les travaux vont enfin entrer dans leur phase active. M. Didion sollicite, en mars 1837, sa mise en congé illimité et se consacre avec ardeur à l'exécution de travaux difficiles moins encore par leur importance que par leur nouveauté. En dehors du chemin de Saint-Étienne, établi dans des conditions particulières, et si bizarrement desservi alors par l'emploi de tous les moyens de traction, par des chevaux, des machines fixes et des câbles, par la gravité et même par des locomotives, celui d'Alais à Beaucaire était, en effet, le premier exemple d'un chemin de fer établi sur un type qui depuis n'a plus varié.

Confondus dans une action et une vie communes, M. Talabot s'occupe, en même temps que des travaux, des affaires générales de la compagnie, de son organisation financière, des dispositions à prendre pour la mise en valeur des mines et l'exploitation du chemin de fer, M. Didion, plus spécialement de la direction de la construction.

Tout y était à créer, et pour les travaux proprement dits et pour les affaires administratives. Pour les travaux, l'expérience qu'il avait acquise sur les chantiers de Decize allait suppléer à l'insuffisant bagage de l'École des Ponts et Chaussées (*). Le personnel fait également défaut : il recourt pour le former à quelques agents du cadastre, à quelques jeunes gens sortant de l'École centrale et qui apprennent le métier auprès de trois conducteurs déjà

(*) Les cours de l'École des Ponts et Chaussées n'étaient pas en 1825 ce qu'ils sont devenus depuis, et l'on y remplaçait parfois la précision scientifique par une douce familiarité. M. Didion aimait à titre d'exemple à citer ce passage d'une des leçons qu'il y avait reçues « que pour qu'une pile pût faire culée, il fallait lui donner *pas mal* d'épaisseur. »

son éclat, et au milieu des transports d'enthousiasme de la population bigarrée qui, de toutes parts, s'y donnait rendez-vous. La seconde partie, retardée par dix-huit crues successives du Gardon qui gênent et compromettent même, dans l'hiver de 1839, l'achèvement du pont de Ners, le principal ouvrage de cette section, est livrée à la circulation le 1^{er} août 1840.

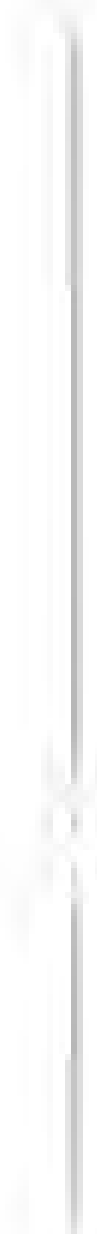
On nous pardonnera d'avoir redit avec quelques détails les circonstances de l'exécution du premier chemin type qui ait été exécuté dans notre pays, et le début dans la vie industrielle des deux Ingénieurs qui laisseront dans l'histoire de nos chemins de fer la trace la plus profonde et la plus brillante.

Leur collaboration ne s'était pas bornée à l'exécution du chemin d'Alais à Beaucaire : ils étudient complètement, de 1838 à 1840, le chemin de Marseille à Avignon, opposent au tracé par la vallée de la Durance, alors préconisé par M. de Montricher, l'habile auteur du canal de Marseille, le tracé par Arles et la Crau, et en font prévaloir l'adoption.

« Le chemin de Beaucaire achevé, l'un de nous deux, dit M. Didion, devient un pléonasme; » et, tout en continuant une collaboration si féconde, tant que se prolongera leur commun séjour à Nîmes jusqu'en 1845, les deux amis suivent, à partir de 1840, deux voies distinctes, mais parallèles, qu'ils parcourront jusqu'au bout avec un égal éclat.

M. Didion entreprend le chemin de Nîmes à Montpellier, et depuis cette époque il n'est pas, du nord au midi de la France, une entreprise de chemin de fer qui ne sollicite ses conseils ou son concours.

M. Paulin Talabot, fidèle à la région qu'il aime et soutenu par une inébranlable confiance dans l'avenir du pays, dans les grandes destinées qui attendent Marseille, poursuit et achève l'entreprise qu'il a conçue et créée; à Beau-



M. Didion une modeste indépendance, lui avaient permis de réaliser vis-à-vis de sa famille les espérances qu'exprimait au collège de Nancy l'enfant justement confiant dans son avenir. Son ambition de philosophe n'allait pas beaucoup plus loin. On lui offre, en 1840, la direction de la construction du chemin de fer de Paris à Rouen : il préfère rentrer au service de l'État, « espérant, dit-il, que le corps l'accueillera volontiers et sans rancune. » Il accepte l'offre de M. le comte Jaubert, Ministre des Travaux Publics, et prend la direction de la construction du chemin de fer de Nîmes à Montpellier, destiné à prolonger le chemin de Montpellier à Cette, alors entrepris par le baron de Mecklembourg, et à relier ainsi le bassin du Gard à la mer par une voie ferrée ininterrompue.

Le 20 janvier 1841 il est nommé Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et décoré de la Légion d'honneur le 4 avril, à trente-huit ans. Ces deux distinctions étaient noblement gagnées.

De 1840 à 1845, il se consacre à la construction du chemin de Montpellier, que sa nature aimable et conciliante lui permet de mener à bien, malgré des difficultés de plus d'un genre où les questions de la construction technique jouaient un rôle moins important encore que les questions de personnes et d'administration générale. L'exploitation en est remise à une compagnie fermière, qui la conserve jusqu'à la constitution, en 1852, de la compagnie de Lyon à la Méditerranée.

En 1845, après deux voyages d'études successifs en Belgique, en Angleterre et en Écosse, le choix éclairé de l'éminent sous-secrétaire d'État qui a donné une si vive et si utile impulsion à l'exécution de nos travaux publics, M. Legrand, le fait venir à la résidence de Paris, qu'il ne devait plus quitter, et l'appelle à succéder à M. Avril comme secrétaire du conseil général des Ponts et Chaussées. Il n'y fait qu'un séjour de dix-huit mois, cède à M. Busche une

lutionnaires, surgissent de toutes parts. M. Didion, nommé Inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées le 1^{er} avril 1848, se fait-il illusion à ce sujet? « La grande question de la politique à venir, écrit-il à cette époque, c'est l'organisation des ouvriers. Voilà notre vieux groupe saint-simonien justifié pleinement ; il deviendra, je l'espère, très utile, parce que tous nos amis ont des positions respectables et veulent l'ordre avant tout en même temps qu'ils comprennent mieux que les autres la situation et ses difficultés. » Il était à coup sûr indiqué naturellement au choix du Ministre des Travaux Publics pour une mission difficile, dangereuse peut-être, dans le bassin de la Loire. Faut-il en faire honneur à l'application des principes chers à l'école de Saint-Simon, ou simplement à la haute et calme raison de l'ambassadeur, à son sens pratique, à son expérience des hommes et des choses? C'est à toutes ces causes, sans doute, qu'il faut attribuer le succès complet d'une intervention qui alors dénoua les difficultés et concilia, à la commune satisfaction, les prétentions, que les fauteurs de troubles seuls disent inconciliables, des mineurs et des concessionnaires de mines.

Pendant quatre années consécutives M. Didion prend part aux travaux du Conseil général des Ponts et Chaussées et se consacre exclusivement, en apparence du moins, au service de son inspection dans la région des Alpes. En réalité, son activité s'étendait dans un bien autre rayon. Le général Cavaignac, son camarade d'école, avait désiré s'attacher plus officiellement un concours dont il connaissait tout le prix, et lui avait offert le Ministère des Travaux Publics. Avec la profonde sagesse qui ne l'a jamais abandonné, M. Didion fuyait l'éclat et les grandeurs, il avait l'horreur des vaines agitations de la politique. Il refusa, préférant se borner au rôle plus modeste et plus utile de conseiller intime ; et, pendant toute cette période, aucune question de chemin de fer ne s'est traitée en dehors de lui au Minis-

1 500 kilomètres l'étendue d'un réseau depuis longues années limité à l'exploitation des 106 kilomètres d'Orléans à Paris et qui en 1882, au moment de la mort de son premier Directeur, devait atteindre un développement de 4 500 kilomètres.

Ce n'était pas une tâche aisée que celle qui consistait à unifier les services de tant de compagnies diverses, ayant jusqu'alors obéi à des administrations individuelles qu'inspirait le soin d'intérêts divergents, quelquefois contradictoires et rivaux; à substituer à leurs points de vue particuliers, forcément étroits, une direction large, intelligente de l'intérêt commun du public et d'une grande société; à ramener à une règle uniforme les multiples éléments qui devaient constituer cet important ensemble; à résoudre enfin les difficultés que soulevaient nécessairement dans une fusion de cette nature les questions de personnes.

L'esprit élevé et généralisateur de M. Didion, son humeur égale et douce, son caractère à la fois ferme et conciliant, devaient lui permettre de résoudre tous ces problèmes, dont quelques-uns, et des plus délicats, s'étaient déjà présentés à lui au chemin de fer de Nîmes à Montpellier.

Une des plus sérieuses difficultés pour ceux qui sont appelés au pesant honneur de diriger d'aussi grandes entreprises, c'est de discerner les aptitudes de leurs collaborateurs, d'utiliser au mieux tous les concours, en mettant chacun à sa vraie place. Ces qualités d'observation et de jugement, M. Didion les possédait au plus haut degré.

Il confie à M. Morandière la construction des lignes nouvelles. Fidèle aux habitudes anglaises que lui avait inculquées à Nîmes son ami Stephenson, convaincu d'ailleurs, qu'au moins dans une période d'organisation aussi laborieuse, il faut simplifier le travail et laisser la part la plus large à l'esprit d'entreprise, il étend à tout le réseau, en le modifiant d'une façon favorable aux intérêts de la compagnie, le traité de traction que M. Polonceau avait passé



La réorganisation du Ministère des Travaux Publics en 1855 avait appelé à la direction générale des chemins de fer un de leurs plus fidèles amis, M. de Franqueville, celui de leurs camarades dont ils estimaient le plus la vive intelligence, le caractère aimable, l'esprit ouvert et conciliant. Depuis cette époque, on peut dire avec raison qu'aucune grande mesure n'a été prise, qu'aucune réforme n'a été faite dans l'organisation des chemins de fer en France, qui n'ait été, à des degrés divers, l'œuvre commune de ces trois maîtres.

C'est sous leur impulsion et par leur accord que s'effectue, en 1857 et 1859, l'extension du réseau d'Orléans, notamment par l'incorporation d'une partie du Grand-Central, ce septième réseau qui, malgré les plus grands efforts, n'avait pu trouver en lui-même les éléments d'une vitalité propre, et que se constitue le grand réseau de Paris à Lyon et à la Méditerranée par la fusion des compagnies de Paris à Lyon, de Lyon à Genève, du Dauphiné et de Lyon à la Méditerranée.

C'est à leur commune collaboration qu'on doit l'œuvre de 1859 qui, complétant et étendant celle de 1852, a constitué sur les bases que l'on sait l'ensemble du réseau français et associé à sa construction et à son achèvement les efforts du Gouvernement et de l'industrie privée.

Une nouvelle crise commerciale menace, en 1857, de compromettre l'achèvement des chemins de fer concédés; les compagnies concessionnaires sollicitent la revision de de leurs contrats, et le Gouvernement, avec une perspicacité et une résolution dont il n'a pas eu à se repentir, décide qu'il n'y a pas lieu de s'en tenir au droit strict dont il est armé vis-à-vis des compagnies, dont les intérêts particuliers ne sont pas seuls en jeu dans une pareille crise. Mais de quelle façon devait-il, sans trop engager les ressources du Trésor, venir le plus utilement à leur secours et préparer le développement ultérieur du réseau en vue de la lutte.

NOTICE NÉCROLOGIQUE SUR M. CH. DIDION.

comprise, bien quelle soit aussi simple que rationnelle, laquelle restera justement attaché le nom de Franqueville, qui, avec autant de netteté que de clairvoyance, en a compris dès l'origine la portée et les résultats probables.

Pendant treize années consécutives, jusqu'en 1864, M. Didion conserve la direction de la grande entreprise qu'il a vu naître pour ainsi dire ; il en règle l'administration technique, commerciale et financière en imprimant à chacune de ses parties ce cachet d'homogénéité, de simplicité, d'ordre et de raison qui le distinguaient lui-même au plus haut degré ; il en fait une organisation méthodique dont toutes les compagnies peuvent se proposer de prendre pour type et pour modèle.

En 1864, il est nommé commandeur de la Légion d'honneur. Cette distinction si méritée lui est annoncée par M. de Franqueville avec l'aimable délicatesse qui était la marque même de son caractère. « Le plaisir que vous cause cette nomination, lui écrit-il, ne serait pas complet si je ne vous apprenais que la même distinction est accordée à l'Empereur à notre ami Talabot. »

M. Didion la considère comme le couronnement d'une longue et laborieuse carrière administrative et industrielle. Avec cet esprit de sagesse et de raison qui ne devait jamais l'abandonner, et dont les exemples sont trop rares, il sait se soustraire à temps aux implacables fatigues du labeur sans relâche. Il avait su se préparer un successeur digne de lui, et, en 1865, il se décharge du fardeau de fonctions actives sur le plus ancien de ses collaborateurs, sur Solacroup, alors en possession d'une force physique et intellectuelle qu'il semblait qu'aucune fatigue ne dut longtemps ébranler.

Il est alors nommé délégué général du conseil et, en ce titre, chargé de la haute surveillance des travaux et du contrôle de tous les services de la compagnie ainsi que des négociations de diverse nature qu'elle avait à sui-

tions cunéiformes que nous ont laissées en si grande abondance les Persans, les Mèdes et les Assyriens. Il se passionne pour la merveilleuse intuition avec laquelle, d'après les quelques mots de la célèbre inscription de Persépolis, Grotefend en déchiffre les caractères et devine le langage que parlaient les Aryens-Persans, pour la patience et le bonheur avec lesquels Rawlinson, grâce à la grande inscription trilingue de Suse, reconstitue les langues sémitiques des Mèdes et des Assyriens.

Puis ce fut l'Égypte avec sa merveilleuse histoire, sa chronologie encore incertaine, mais reculant si loin au delà des limites admises avant les découvertes des Champollion et des Rougé, des Mariette et des Maspero, l'apparition sur notre globe de l'humanité intelligente et civilisée.

Enfin la recherche de l'origine des langues indo-germaniques et des races qui peuplent presque toute l'Europe actuelle l'entraîne, avec Burnouf, vers l'Inde avec sa primitive théogonie, vers l'étude de la langue antique si riche en monuments littéraires que, dans leurs longues migrations, les Aryas de la vallée de Cachmyr ont répandue, avec de progressives modifications, dans toutes les parties de l'Europe.

Ces études un peu austères furent pendant ses dernières années sa distraction favorite dans les moments de liberté que lui laissait le soin des affaires de la compagnie d'Orléans; avec elles il oubliait la fatigue d'incessants projets de remaniement des conventions qui l'avaient constituée, et les soucis qu'auraient pu occasionner à un esprit moins perspicace et moins confiant dans la raison de ceux qui détiennent les pouvoirs publics les jalouses attaques dont elle était l'objet. Sa vue baissait avec une menaçante régularité; il s'inquiétait d'une affection qui allait lui enlever son travail de prédilection et lui donner un nouveau point de ressemblance avec son ami des premières années. Les dimensions, la forme, la netteté des caractères sanscrits

nt il doit avec le plus de soin conserver
ls sont rares ceux à qui Dieu répartit
t dispense d'une main aussi libérale
qui constituent l'intelligence et la raison.

Je ne donnerai ci-après de description détaillée que pour les ouvrages les plus importants; je ferai connaître pour chacun d'eux les principales dimensions, les poids et prix de revient, ainsi que les avantages ou les inconvénients que chaque tablier présente par rapport à d'autres tabliers établis suivant des systèmes différents.

Quant aux ouvrages de moindre importance, qui ne présentent qu'un intérêt secondaire ou qui ont été construits suivant des types dont la description aura déjà été donnée, je me bornerai à résumer sous forme de tableaux leurs principales dimensions, leurs poids et prix de revient.

C'est surtout entre Épinay-sur-Seine et Noisy-le-Sec que se trouvent les ouvrages les plus importants. Sur cette partie, en effet, le chemin de fer se rapproche très près de Paris, dont il n'est distant que de 6 kilomètres en moyenne, et rencontre toutes les grandes routes qui y convergent, des voies ferrées, des gares de chemin de fer, etc., sur lesquelles il a fallu construire des ponts d'assez grande ouverture. D'autre part, soit à cause des conditions topographiques ou des exigences du service militaire, soit pour réduire l'importance des remblais aux abords, soit enfin pour éviter d'enterrer des constructions, des usines ou des propriétés de grande valeur, on a été forcé de réduire la hauteur des ouvrages et, par suite, de donner aux tabliers métalliques une épaisseur extrêmement réduite. Ces tabliers ont donc été projetés uniquement à ce point de vue, de franchir la plus grande ouverture possible avec le minimum d'épaisseur. Malgré cela, on pourra remarquer que la plupart d'entre eux sont établis dans des conditions de très grande légèreté, tant sous le rapport de l'aspect architectural que sous le rapport du poids réel de la charpente métallique qui les constitue.

Pour ces différents motifs, les types de ces tabliers ont été reproduits depuis, par plusieurs ingénieurs; ils peuvent l'être encore dans l'avenir, lorsqu'on se trouvera dans des

is comprennent la fourniture, la pose

u tablier, on entend, pour les pas-
distance verticale comprise entre le
dessus des poutres, et pour les pas-
distance verticale comprise entre le
et le dessous des poutres.

x de chaque tablier, par mètre cou-
en divisant respectivement le poids et
lier (fers et fontes des colonnes et sa-
totale des poutres.

être courant d'ouverture ont été éta-
ids total de la partie métallique par
ntre les culées. (Pour les ponts biais,
esurée suivant l'ouverture biaise.)

tre carré de tablier ont été calculés
total de chaque tablier sur sa surface
r celle que l'on obtient en multipliant
es poutres par la distance entre les

er mètre courant et par *mètre carre*
e (passages inférieurs), on a tenu
es platelages et des longrines en bois
es sont fixés les rails.

es ouvrages par mètre courant de
prix total de chaque ouvrage par la
tre les points d'appui extrêmes du
nt l'axe des poutres ou des arcs. »

toises de 0^m,32 de hauteur, formées d'une âme de 0^m,005 d'épaisseur et de cornières de $\frac{60 \times 60}{7}$.

La partie des trottoirs en encorbellement est supportée par des consoles espacées de 1^m,60 d'axe en axe; sur la partie supérieure de ces consoles, repose une petite poutrelle de 0^m,25 de hauteur, régnant d'un bout à l'autre de l'ouvrage et contre laquelle sont fixés, au moyen de boulons, les montants du garde-corps.

Le platelage est formé de bois de chêne de 0^m,06 d'épaisseur, placés transversalement au tablier; il est interrompu de distance en distance, par de fortes traverses en chêne espacées de 0^m,915 d'axe en axe, qui règnent sur toute la largeur comprise entre les garde-corps. C'est sur cette traverse que sont fixés, au moyen de tirefonds, les rails de la voie.

Ce platelage doit être recouvert d'une couche de ballast pour être protégé du feu des machines, ce qui augmente le poids propre du tablier. Il demande en outre à être assez fréquemment renouvelé; de ce fait, il revient plus cher que les platelages en tôle striée, dont la durée est égale à celle du tablier lui-même. Ce dernier système présente en outre cet autre avantage de former un contrement horizontal très énergique et d'assurer ainsi une solidarité parfaite entre toutes les pièces composant la charpente métallique. On devra donc employer de préférence le type adopté pour les ouvrages n^{os} 10, 11 et 12, ainsi qu'il est dit dans les conclusions qui font suite à cette note.

Le poids du tablier métallique est de 7 700 kilogrammes; longueur totale des poutres étant de 7 mètres et l'ouverture entre les culées, de 6 mètres, le poids par mètre courant de tablier est de 1 100 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture de 1 183 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 12 000 francs et

de largeur a été accolée au tablier métallique supportant les voies.

Le pont est biais; il est à une seule travée. L'ouverture droite, c'est-à-dire la distance normale comprise entre les culées est de 5 mètres. L'ouverture biaise est de 5^m,08.

Le tablier, dont l'épaisseur est de 0^m,73, se compose de sept poutres longitudinales de 6 mètres de longueur et de 5^m,20 de portée, dont quatre poutres supportant directement les rails, deux poutres portant la passerelle, et une petite poutre de rive supportant le trottoir opposé à la passerelle.

Les poutres sous rails ont 0^m,426 de hauteur; elles sont formées d'une âme de 0^m,009, de cornières de $\frac{70 \times 70}{10}$, d'une semelle inférieure de 0^m,250 de largeur et d'une semelle supérieure de 0^m,300 sur 0^m,012 d'épaisseur.

Les poutres supportant la chaussée présentent une hauteur de 0^m,600; elles sont formées d'une âme de 0,008 d'épaisseur et de cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$.

Quant à la petite poutre sous trottoir, sa hauteur est de 0^m,450; elle est formée d'une âme de 0^m,007 d'épaisseur et de cornières de $\frac{70 \times 70}{8}$.

En ce qui concerne le tablier métallique supportant les voies, toutes les autres dispositions adoptées pour l'ouvrage n° 1 et précédemment décrites, ont été reproduites pour l'ouvrage n° 2.

Quant à la passerelle, les deux poutres qui la composent, et dont les dimensions ont été données ci-dessus, sont écartées d'axe en axe de 2^m,938 et réunies par des entretoises espacées elles-mêmes de 1^m,40.

La largeur de la chaussée est de 2^m,30; celle de chacun des trottoirs de 0^m,319.

Les entretoises ont 0^m,350 de hauteur; elles sont formées

d'une âme de $0^m,007$ d'épaisseur et de cornières de 60×60 .

7

Des voûtes en briques de $0^m,11$ d'épaisseur, dont les naissances reposent sur les cornières inférieures des entretoises, supportent, par l'intermédiaire d'une chape en asphalte de $0^m,02$ d'épaisseur, une chaussée empierrée de $0^m,20$.

Les trottoirs sont constitués par des bordures en grès reposant sur les voûtes en briques et s'appuyant contre les cornières supérieures des poutres.

Le poids du tablier métallique est de 9 000 kilogrammes. La longueur totale des poutres étant de 6 mètres et l'ouverture biaise entre les culées de $5^m,008$, le poids par mètre courant de tablier (y compris les deux voies et la passerelle) est de 1 500 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture de 1 797 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 27 000 francs. Ce prix très élevé tient à ce que ces maçonneries ont été construites en vue de permettre l'établissement d'un barrage pour inonder la vallée. Les fondations ont été très coûteuses, en raison de la différence éventuelle de hauteur d'eau à l'amont et à l'aval et de la mauvaise nature du terrain.

La partie métallique a coûté 4 500 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 31 500 francs, soit par mètre courant de portée 6 057 francs.

Il résulte des renseignements qui précèdent, que la partie métallique revient par mètre courant (y compris les deux voies et la passerelle) à 750 francs, et par mètre carré de surface couverte à 68 francs.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches maxima constatées ont été de :

PONTS MÉTALLIQUES DE LA GRANDE CEINTURE DE PARIS

	POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
Poutre n. 1 sous rails.	m. 0,0025	m. 0,005
— n. 2 —	0,0055	0,004
— n. 3 —	0,005	0,004
— n. 4 —	0,004	0,003

Sept autres ouvrages présentant des portées et épaisseurs de tabliers différentes, ont été établis sur le type A. On n'en fera pas la description, parce qu'ils rappellent par leur mode de construction, leurs détails, leurs assemblages, les deux tabliers précédents. On se bornera seulement à donner leurs principales dimensions, leurs poids et leurs prix de revient. Ces renseignements permettront d'établir des comparaisons intéressantes avec d'autres ouvrages présentant les mêmes ouvertures construits suivant des systèmes différents.

N° 3. — PASSAGE INFÉRIEUR DROIT SUR LE CHEMIN DES GRANDS-SAULES.

(Type ordinaire de la Compagnie.)

Nombre de travées.	1	Hauteur des poutres. . . .	
Portée de la travée.	3 ^m ,00	Nombre de voies.	
Nombre de poutres sous rails.	4	Épaisseur du tablier. . . .	

Poids du tablier métallique.	2 570 kilog.
soit par mètre courant de tablier $\frac{2\,570}{5,9}$ = . . .	658 —
et par mètre courant d'ouverture $\frac{2\,570}{3}$ = . . .	857 —

Prix des culées.	16 000 francs
Prix du tablier métallique.	1 500 —
Prix total de l'ouvrage.	17 500 francs
soit par mètre courant de portée.	5 833 —

La partie métallique revient par mètre courant à. 38¹/₂ fra
et par mètre carré de surface couverte à. 47 —

ÉPREUVES

	Poutre n. 1	Poutre n. 2	Poutre n. 3	Poutre n. 4
Poids mort.	"	"	"	"
Poids roulant.	0,002	0,0035	0,0040	0,0035

N° 6. — PASSAGE INFÉRIEUR DROIT SUR LA VOIE
DES CHAMPS-GUÉRIN.

(Type ordinaire de la Compagnie.)

Nombre de travées.	1	Hauteur des poutres. . . .	0 ^m ,38
Portée de la travée.	4 ^m ,00	Nombre de voies.	2
Nombre de poutres sous rails. 4		Épaisseur du tablier. . . .	0 ^m ,68

Poi

soi

et

Pri

Pri

Pri

soi

La part.
et par .

Poi

Poi

Nombre de travées.	1	Hauteur des poutres. . . .	0 ^m ,464
Portée de la travée.	5 ^m ,40	Nombre de voies.	2
Nombre de poutres sous rails. 4		Épaisseur du tablier. . . .	0 ^m ,79

Poids du tablier métallique. 7 900 kilog.

soit par mètre courant de tablier $\frac{7\,900}{6,40} = . . . 1\,234 \text{ —}$

et par mètre courant d'ouverture $\frac{7\,900}{5,011} = . . . 1\,576 \text{ —}$

Prix des culées. 32 000 francs

Prix du tablier métallique. 3 900 —

Prix total de l'ouvrage. 35 900 francs

soit par mètre courant de tablier. 6 648 —

La partie métallique revient par mètre courant à. 609 fr

et par mètre carré de surface couverte à. 75

EPREUVES.

	Poutre n. 1	Poutre n. 2	Poutre n. 3	Poutre n. 4
Poids mort.	0,002	0,002	0 0025	0,0025
Poids roulant.	0,0015	0,0035	0 0035	0,0015

Type A'.

Dans ce système, chaque rail est soutenu directement par une poutre longitudinale. Les entretoises ne servent qu'à relier ces poutres entre elles. Le platelage est en tôles striées.

OUVRAGE N° 10.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LE CHEMIN VICINAL N° 3, D'ÉPINAY
A ENGHEN.

Ce type, qui n'est susceptible d'être employé que lorsqu'on dispose d'une hauteur suffisante entre le dessus des rails et le dessous des poutres, ce qui est le cas pour l'ouvrage n° 10, puisque l'épaisseur du tablier est de 1 mètre, est un des plus avantageux, tant au point de vue de la construction qu'au point de vue de l'économie. La coupe transversale est analogue à celle de l'ouvrage n° 11 (Pl. 13, fig. 2).

Ce pont est biais; il est à une seule travée de 6 mètres d'ouverture droite et de 6^m,642 d'ouverture biaise.

Le tablier se compose de quatre poutres longitudinales de 8^m,20 de longueur et de 7 mètres de portée, réunies entre elles par des entretoises espacées de 1^m,50 d'axe en axe.

Les poutres supportent directement les longrines sur lesquelles les rails sont fixés. Elles ont une hauteur de 0^m,650 et sont formées d'une âme de 0^m,008, de quatre cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$ et d'une semelle de 0^m,300 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Les entretoises qui réunissent les poutres entre elles sont formées de treillis en fer plat de $\frac{60}{9}$.

OUVRAGE N° 11.

FÉRIEUR SUR LE RUISSEAU DE L'ÉTANG
MONTMORENCY. (Pl. 13, *fig. 2.*)

La hauteur dont on disposait entre le dessus et dessous des poutres (0^m,95), on a adopté le même type de tablier que pour l'ou-

donc à dire que pour une portée de 9 mètres la hauteur des poutres est de 0^m,60 et que celles-ci sont espacées de 0^m,008, de cornières de $\frac{90 \times 90}{12}$ et de 0^m,300 de largeur sur 0^m,010 d'épais-

sement. Les dispositions de ce tablier sont les mêmes que les dispositions correspondantes de l'ouvrage

Le poids du tablier métallique est de 19 200 kilogrammes. La hauteur des poutres étant de 10^m,20 et l'ouverture entre les culées de 8^m,547, le poids par mètre de tablier est de 1 882 kilogrammes, et par mètre d'ouverture biaise, de 2 246 kilogrammes. Les culées ont coûté 21 000 francs et la charpente 7 700 francs.

Le coût de l'ouvrage est donc de 28 700 francs, soit 3 188 francs par mètre de portée.

Le tablier revient par mètre courant (et pour l'ouverture qui se compose le tablier) à 754 francs, et la surface couverte à 93 francs.

Sous l'influence des charges d'épreuves, les déformations ont été de :

		POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
		m.	m.
Poutre n. 1..	.....	0,0065	0,008
— n. 2..	.....	0,0055	0,007
— n. 3..	.....	0,0045	0,0045
— n. 4..	.....	0,0025	0,0045

OUVRAGE N° 12.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LA ROUTE NATIONALE N° 20,
DE PARIS A TOULOUSE.

Ce pont est biais et à une seule travée. L'ouverture droite est de 11 mètres; l'ouverture biaise est de 11^m,06.

Par suite de la grande hauteur dont on disposait, on a pu donner 1^m,50 à l'épaisseur du tablier et placer directement au-dessus des poutres les longrines supportant la voie.

Ce tablier a donc été construit conformément au type adopté pour les ouvrages n° 10 et 11, dont la description a déjà été donnée pages 453 et 455.

Les poutres, au nombre de quatre, présentent une hauteur de 1^m,18 et sont formées d'une âme pleine de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{100 \times 100}{12}$, et d'une semelle de 0^m,348 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Quant aux autres dispositions du tablier, ce sont les mêmes que celles adoptées pour les ouvrages n° 10 et 11.

Le poids du tablier métallique est de 30 000 kilogrammes. La longueur totale des poutres étant de 13 mètres, et l'ouverture biaise entre les culées, de 11^m,06, le poids par mètre courant de tablier est de 2 307 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture, de 2 712 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 24 300 francs et la partie métallique 15 000 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 39 300 francs, soit par mètre courant de portée 3 387 francs.

La partie métallique revient par mètre courant (et pour les deux voies dont se compose le tablier) à 1 154 francs, et par mètre carré de surface couverte à 142 francs.

Epreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

	POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
	m.	m.
Poutre n. 1..	0,005	0,005
— n. 2..	0 005	0,005
— n. 3..	0,005	0,005
— n. 4..	0,005	0,004

Type B.

Dans ce système, chaque rail est soutenu par deux poutres jumelles. Le platelage est en bois de chêne.

OUVRAGE N° 13.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LA RUELLE DES MARIVAUX.

(Pl. 13, fig. 3.)

C'est un des types ordinaires de la Compagnie, qui a le grand avantage, pour une ouverture de 4 mètres, de n'exiger qu'une épaisseur de tablier réduite à 0^m,37.

En raison de cette faible épaisseur, chaque longrine est supportée par deux poutres jumelées.

Le tablier métallique se trouve ainsi composé de huit poutres longitudinales de 4^m,60 de longueur, supportant la voie, et de deux autres petites poutres de rive présentant la même longueur et supportant les trottoirs.

Les poutres principales ont 0^m,33 de hauteur; elles sont

Le poids du tablier métallique est de 4 500 kilogrammes ; la longueur totale des poutres étant de 4^m,65 et l'ouverture entre les culées de 4 mètres, le poids par mètre courant de tablier est de 967 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture, de 1 125 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 15 300 francs et la partie métallique 2 150 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 17 450 francs, soit par mètre courant de portée 4 360 francs.

Il résulte des renseignements qui précèdent que la partie métallique revient par mètre courant (et pour les deux voies dont se compose le tablier) à 462 francs, et par mètre carré de surface couverte à 57 francs.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

		POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
		m.	m.
Poutre n. 1..	.....	0,003	0,0035
— n. 2..	.....	0,0045	0,0045
— n. 3..	.....	0,004	0,004
— n. 4..	.....	0,004	0,004
— n. 5..	.....	0,003	0,0035
— n. 6..	.....	0,003	0,004
— n. 7..	.....	0,003	0,003
— n. 8..	.....	0,003	0,0025

Deux autres ouvrages ont été établis suivant le type B. Leurs dispositions étant semblables à celles de l'ouvrage n° 13 dont on vient de donner la description, on se bornera à faire connaître leurs principales dimensions, leurs poids et prix de revient.

N° 14. — PASSAGE INFÉRIEUR DROIT SUR UN CHEMIN RURAL.

(Type ordinaire de la Compagnie.) Ouverture normale 4^m,00.

Nombre de travées.	1	Hauteur des poutres.	0 ^m ,53
Portée de la travée.	4 ^m ,00	Nombre de voies.	2
Nombre de poutres sous rails. 8		Épaisseur du tablier.	0 ^m ,365

Poids du tablier métallique. 4 600 kilog.

soit par mètre courant de tablier $\frac{4\,600}{4,65} = . . . 989 \text{ —}$ et par mètre courant d'ouverture $\frac{4\,600}{4} = . . . 1\,150 \text{ —}$

Prix des culées. 12 800 francs

Prix du tablier métallique. 2 800 —

Prix total de l'ouvrage. 15 600 francs

soit par mètre courant de portée. 3 900 —

La partie métallique revient par mètre courant à. 602 francs
 et par mètre carré de surface couverte à. 74 —

ÉPREUVES.

	Poutres n. 1-2	Poutres n. 3-4	Poutres n. 5-6	Poutres n. 7-8
Poids mort.	0,0035	0,0040	0,0030	0,0045
Poids roulant.. . . .	0,0030	0,0040	0,0025	0,0040

N° 15. — PASSAGE INFÉRIEUR DROIT SUR UN CHEMIN DE CHASSE.

(Type ordinaire de la Compagnie.)

Nombre de travées.	1	Hauteur des poutres.	0 ^m ,53
Portée de la travée.	4 ^m ,00	Nombre de voies.	3
Nombre de poutres sous rails. 12		Épaisseur du tablier.	0 ^m ,365

Poids du tablier métallique. 6 500 kilog.

Soit par mètre courant de tablier $\frac{6\,500}{4,65} = . . . 1\,397 \text{ —}$ et par mètre courant d'ouverture $\frac{6\,500}{4} = . . . 1\,625 \text{ —}$

Prix des culées. 12 100 francs

Prix du tablier métallique. 3 100 —

Prix total de l'ouvrage. 15 200 francs

soit par mètre courant de portée. 3 800 —

La partie métallique revient par mètre courant à. 666 francs
 et par mètre carré de surface couverte à. 51 —

ÉPREUVES.

	Poutres n. 1-2	Poutres n. 3-4	Poutres n. 5-6	Poutres n. 7-8	Poutres n. 9-10	Poutres n. 11-12
Poids mort.	0,0025	0,0030	0,0030	0,0032	0,0030	0,0022
Poids roulant.. . . .	"	"	0,0032	0,0040	0,0027	0,0022

Type B'.

Dans ce système, chaque rail est soutenu par deux poutres jumelles. Le platelage est en tôles striées.

OUVRAGE N° 16.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR L'AVENUE DU CHEMIN DE FER.

On a adopté pour cet ouvrage le type à poutres jumelles, par suite du peu de hauteur dont on disposait (0^m,52) entre le dessus des rails et le dessous des poutres.

Ce pont est biais. Il est à une seule travée de 6 mètres d'ouverture droite et de 7^m,08 d'ouverture biaise.

Le tablier se compose de 8 poutres longitudinales de 9^m,40 de longueur et de 8^m,60 de portée.

Les poutres ont 0^m,450 de hauteur; elles sont formées d'une âme de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{80 \times 80}{11}$

et de semelles de 0^m,300 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur. Les deux poutres supportant chaque rail sont espacées de 0^m,76 d'axe en axe et réunies par de petites entretoises pleines, formées d'une âme de 0^m,008 et de cornières de $\frac{60 \times 60}{7}$. Ces petites entretoises, sur lesquelles reposent

les longrines supportant les rails, sont espacées entre elles de 0^m,90 d'axe en axe.

Les quatre couples de poutres jumelles sont réunis sous les voies par des entretoises espacées entre elles de 1^m,80, formées de cornières et de fers plats, et sous l'entre-voie, par des entretoises formées d'une âme pleine de 0^m,200 de hauteur sur 0^m,008 d'épaisseur et de cornières de $\frac{60 \times 60}{7}$.

Les trottoirs sont supportés par des consoles en encorbellement espacées de 1^m,80 d'axe en axe et réunies entre elles par des fers en U de $\frac{175 \times 60}{8 \times 10}$, sur lesquels sont fixés les montants de garde-corps.

Le platelage du tablier est entièrement formé de tôles striées de 0^m,006 d'épaisseur, rivées sur tout leur pourtour à la charpente métallique qui les supporte.

Le poids du tablier métallique est de 20 000 kilogrammes; la longueur totale des poutres étant de 9^m,40 et l'ouverture biaise entre les culées de 7^m,98, le poids par mètre courant de tablier est de 2 127 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture, 2 506 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 25 000 francs et la partie métallique 8 000 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 33 000 francs. soit par mètre courant de portée 3 837 francs.

D'après ce qui précède, on voit que la partie métallique revient par mètre courant (et pour les deux voies dont se compose le tablier) à 851 francs, et par mètre carré de surface couverte à 105 francs.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été pour l'une des moitiés du tablier :

	POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
Poutre n. 1..	m. 0,0045	m. 0,005
— n. 2..	0,005	0,006
— n. 5..	0,005	0,0065
— n. 4..	0,0045	0,0075

OUVRAGE N° 17.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LA ROUTE NATIONALE N° 192,
DE PARIS A PONTOISE.
(Pl. 13, *fig.* 4.)

Cet ouvrage présente les mêmes dispositions que le précédent. Les entretoises d'entre-voie seules diffèrent; au lieu d'être formées d'une âme pleine, elles sont composées de treillis en cornières et fers plats.

La portée de la travée est de 9^m,80. Les poutres ont 0^m,500 de hauteur, soit le $\frac{1}{20}$ de la portée (*); elles sont formées d'une âme pleine de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{80 \times 80}{11}$ et de semelles de 0^m,250 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Toutes les autres dispositions sont communes pour les deux ouvrages.

Le poids du tablier métallique est de 28 358 kilogrammes; la longueur totale des poutres étant de 11^m20 et l'ouverture biaise entre les culées, de 9^m,588, le poids par mètre courant de tablier est de 2 582 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture de 2 957 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 17 000 francs et la partie métallique 11 100 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 28 100 francs, soit par mètre courant de portée 2 867 francs.

La partie métallique revient par mètre courant (et pour les deux voies dont se compose le tablier) à 991 francs, et par mètre carré de surface couverte, à 122 francs.

(*) On verra plus loin (ouvrage n° 18) qu'on a pu descendre encore au-dessous de cette limite et réduire au $\frac{1}{27}$, le rapport entre la hauteur et la portée des poutres. Dans les conditions normales, ce rapport est habituellement de $\frac{1}{10}$

Les quatre couples de poutres jumelles sont réunis entr'eux par des entretoises à treillis, formées de cornières et de fers plats.

Les trottoirs sont supportés par des consoles espacées de 1^m,80 d'axe en axe et réunies entre elles par des fers en U de $\frac{140 \times 52}{8 \times 10}$, sur lesquels sont fixés les montants du garde-corps.

Quant au platelage du tablier, il est constitué par des tôles striées de 0^m,006 d'épaisseur, rivées sur tout le pourtour à la charpente métallique qui les supporte.

Le poids du tablier métallique est de 30 000 kilogrammes. La longueur totale des poutres étant de 11^m,40, et l'ouverture biaise entre les culées de 10^m,407, le poids par mètre courant de tablier est de 2 631 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture, 2 882 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 13 000 francs et la partie métallique 14 000 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 27 000 francs, soit par mètre courant de portée, 2 547 francs.

La partie métallique revient par mètre courant (et pour les deux voies dont se compose le tablier) à 1 228 francs et par mètre carré de surface couverte à 152 francs.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves les flèches constatées ont été de :

		POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
		m.	m.
Poutre n. 1..	.....	0,0085	0,008
— n. 2..	.....	0,008	0,0095
— n. 3..	.....	0,0075	0,009
— n. 4..	.....	0,0085	0,008
— n. 5..	.....	0,0095	0,010
— n. 6..	.....	0,009	0,0105
— n. 7..	.....	0,009	0,010
— n. 8..	.....	0,0085	0,010

OUVRAGE N° 19.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LA ROUTE NATIONALE N° 14 (annexe).

Cet ouvrage est établi suivant le même type que le précédent (ouvrage n° 18)

Il est biais et à une seule travée de 9 mètres d'ouverture droite et de 10^m,612 d'ouverture biaise.

Le tablier, dont l'épaisseur n'est que de 0^m,65, se compose de huit poutres longitudinales de 12^m,20 de longueur et de 11 mètres de portée.

Ces poutres ont 0^m,550 de hauteur, soit $\frac{1}{20}$ de la portée. Elles sont formées d'une âme pleine de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$, et de semelles de 0^m,25 de largeur sur 0^m,10 d'épaisseur.

Les deux poutres supportant chaque rail sont espacées de 0^m,60 d'axe en axe, et réunies par de petites entretoises pleines formées d'une âme $\frac{250}{7}$ et de cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$. Ces petites entretoises, sur lesquelles reposent les longrines supportant les rails, sont espacées entre elles de 0^m,90 d'axe en axe.

Toutes les autres dispositions adoptées pour l'ouvrage n° 18 ont été reproduites ici, si ce n'est que les entretoises reliant ensemble les couples de poutres jumelles, au lieu de présenter la hauteur même des poutres et d'être formées de treillis en fer plats, sont au contraire à âme pleine et n'ont qu'une hauteur de 0^m,25.

Cette disposition est plus économique que celle adoptée pour l'ouvrage précédent, puisque le poids par mètre courant n'est que de 2 466 kilogrammes au lieu de 2 532, quoique la portée soit de 1^m,20 plus grande.

Cependant, au point de vue de la construction, l'entretoisement du tablier n° 18 est préférable, et il conviendra de l'adopter, malgré la légère augmentation de poids qu'il entraîne.

Le poids du tablier métallique est de 30 100 kilogrammes. La longueur totale des poutres étant de 12^m, 20, et l'ouverture biaise entre les culées de 10 612 kilogrammes, le poids par mètre courant de tablier est, ainsi qu'il vient d'être dit, de 2 466 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture, de 2 836 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 15 000 francs et la partie métallique 12 000 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 27 000 francs, soit par mètre courant de portée, 2 455 francs.

La partie métallique revient par mètre courant (et pour les deux voies dont se compose le tablier) à 983 francs, et par mètre carré de surface couverte à 121 francs.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves. les flèches constatées ont été de :

		POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
		m.	m.
Poutre n. 1..	. . . . .	0,007	0,007
— n. 2..	. . . . .	0,0065	0,0065
— n. 3..	. . . . .	0,007	0,0075
— n. 4..	. . . . .	0,007	0,0065
— n. 5..	. . . . .	0,0045	0,0065
— n. 6..	. . . . .	0,007	0,006
— n. 7..	. . . . .	0,0065	0,007
— n. 8..	. . . . .	0,006	0,0075

PONTS MÉTALLIQUES DE LA GRANDE CEINTURE DE PARIS. 469

hauteur et sont formées d'une âme de 0^m,007 et de quatre cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$

Quant aux entretoises d'entre-voie, elles sont constituées par un treillis composé de fers plats.

Les trottoirs en encorbellement sont supportés par des consoles espacées de 1^m,80 d'axe en axe et réunies par des fers en U de $\frac{175 \times 60}{8 \times 10}$ sur lesquels sont fixés les montants de garde-corps.

Le platelage est entièrement formé de tôles striées de 0^m,006 d'épaisseur, rivées sur tout leur pourtour à la charpente métallique qui les supporte.

Le poids du tablier métallique est de 17 050 kilogrammes. La longueur totale des poutres étant de 9 mètres, et l'ouverture biaise entre les culées de 7^m,687, le poids par mètre courant de tablier est de 1 894 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture, de 2 218 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 15 000 francs et la partie métallique 7 000 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 22 000 francs, soit par mètre courant de portée 2 750 francs.

La partie métallique revient par mètre courant (et pour les deux voies qui composent le tablier) à 777 francs, et par mètre carré de surface couverte à 96 francs.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

	POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
	m.	m.
Poutre n. 1..	0,008	0,0065
— n. 2..	0,004	0,006
— n. 3..	0,0065	0,0065
— n. 4..	0,006	0,0075

Les maçonneries des culées ont coûté 18 000 francs et la partie métallique 15 000 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 33 000 francs, soit par mètre courant de portée 2 426 francs.

Il résulte des renseignements qui précèdent que la partie métallique revient par mètre courant et pour les deux voies dont se compose le tablier, à 1 000 francs, et par mètre carré de surface couverte à 124 francs.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

	POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
	m.	m.
Poutre n. 1..	0,011	0,011
— n. 2..	0,007	0,009
— n. 3..	0,007	0,0085
— n. 4..	0,010	0,0085

OUVRAGE N° 22.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LE CHEMIN DE FER DE PARIS A ERMONT.

Ce pont est biais. Il est à une seule travée, de 8^m,11 d'ouverture droite et de 14^m,053 d'ouverture biaise.

Le tablier métallique, dont l'épaisseur est de 1^m,02, se compose de quatre poutres longitudinales de 16^m,50 de longueur et de 15 mètres de portée, réunies par des entretoises supportant la voie, espacées de 1 mètre d'axe en axe.

Les quatre poutres longitudinales sont à âme pleine; elles ont 0^m,95 de hauteur et 0^m,008 d'épaisseur.

Les cornières ont $\frac{100 \times 100}{11,5}$, et les semelles 0^m,350 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Ces poutres sont reliées par des entretoises présentant

OUVRAGE N° 23.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LE CHEMIN DE FER DE PARIS A CREIL.
(Pl. 13, *fig.* 8 et 9.)

Ce pont est biais. L'ouverture droite est de 16^m,30 ; l'ouverture biaise de 21^m,78.

L'ouvrage est composé de deux travées présentant chacune une portée de 10^m,90.

La palée est formée de colonnes en fonte de 0^m,30 de diamètre à la base, 0^m,25 au sommet, et présentant une épaisseur de 0^m,025.

Les chapiteaux sur lesquels reposent les poutres ont 0^m,50 de côté à leur partie supérieure.

Le tablier métallique, dont l'épaisseur est de 0^m,65, se compose de quatre poutres longitudinales de 23^m,30 de longueur, espacées sous les voies de 2^m,736 et réunies par des entretoises espacées elles-mêmes de 0^m,80, qui supportent les longrines sur lesquelles sont fixés les rails.

Les poutres longitudinales ont 0^m,550 de hauteur ; elles sont formées d'une âme de 0^m,008, de cornières de $\frac{90 \times 90}{12}$ et de semelles de 0^m,350 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Les entretoises placées sous les voies présentent une hauteur de 0^m,300 et sont formées d'une âme de 0^m,008 d'épaisseur et de cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$.

Quant aux entretoises d'entrevoie, espacées de 1^m,60, elles sont constituées par des fers plats de 0^m,008 d'épaisseur.

Les trottoirs en encorbellement sont supportés par des consoles espacées de 1^m,60 d'axe en axe et réunies par des

OUVRAGE N° 24.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LA ROUTE NATIONALE N° 14,
DE PARIS AU HAVRE.

(Pl. 13, *fig.* 6 et 7.)

Ce pont, qui est droit, présente une ouverture de 24^m,40; il est composé de trois travées; les deux travées extrêmes ont 5^m,90 de portée, et la travée intermédiaire 11^m,80.

Les palées sont formées de colonnes en fonte de 0^m,30 de diamètre à la base, de 0^m,25 au sommet, et présentent une épaisseur de 0^m,025.

Les chapiteaux sur lesquels reposent les poutres ont 0^m,50 de côté à leur partie supérieure.

Le tablier métallique, dont l'épaisseur est de 0^m,68, se compose de quatre poutres longitudinales de 25^m,60 de longueur, espacées entre elles de 2^m,11 et réunies par des entretoises espacées elles-mêmes de 0^m,90 sous les voies et de 1^m,80 sous l'entre-voie.

Les poutres longitudinales ont 0^m,600 de hauteur; elles sont formées d'une âme de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{80 \times 80}{11}$ et de semelles de 0^m,300 de largeur, sur 0^m,010 d'épaisseur.

Les entretoises placées sous les voies et supportant les longrines sur lesquelles sont fixés les rails, ont 0^m,250 de hauteur et sont formées d'une âme de 0^m,007 et de quatre cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$.

Quant aux entretoises d'entre-voie, elles sont constituées par un treillis composé de fers plats.

Les trottoirs en encorbellement, sont supportés par des consoles espacées de 1^m,80 d'axe en axe et réunies par des

cet effet. Le vide réservé entre les parois de ce puits et la tige permet à celle-ci d'obéir aux mouvements qui lui sont transmis par la poutre, dans ses effets de contraction ou de dilatation.

Ces mouvements sont encore facilités, du reste, par la position adoptée pour le système d'ancrage qui retient la tige à sa partie inférieure : une forte rondelle en fonte de 0^m,60 de diamètre et de 0^m,13 d'épaisseur, placée horizontalement contre une des assises de la maçonnerie, présente à sa partie centrale un évidement cylindrique d'assez grand diamètre pour permettre les déplacements de la tige qui y passe.

Une seconde rondelle, qui retient la tige au moyen d'un fort écrou, présente sur sa partie en contact avec la rondelle supérieure, une surface légèrement cylindrique dont les génératrices sont perpendiculaires à l'axe de la poutre, de telle sorte que cette seconde rondelle peut rouler sur la première, et permettre à la tige d'ancrage, avec qui elle est solidaire, d'osciller dans un plan vertical et d'obéir aux mouvements de dilatation ou de contraction de la poutre.

Le poids de la partie métallique est de 59 313 kilogrammes, dont 47 500 kilogrammes pour les fers et 11 813 kilogrammes pour les fontes.

La longueur totale des poutres étant de 25^m,60, et la distance entre les culées de 24^m,40, le poids par mètre courant de tablier est de 2 316 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture de 2 422 kilogrammes.

Les maçonneries des culées et des palées ont coûté 12 000 francs et la partie métallique 23 000 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 35 000 francs, soit par mètre courant de portée 1 422 francs.

Il résulte des renseignements qui précèdent que la partie métallique (fers et fontes) revient par mètre courant, et pour les deux voies dont se compose le tablier, à 935 francs, et par mètre carré de surface couverte à 115 francs.

d'une âme de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$ et de semelles de 0^m,350 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Les entretoises placées sous les voies et supportant les longrines sur lesquelles sont fixées les rails, ont 0^m,250 de hauteur, et sont formées d'une âme de 0^m,008 et de cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$

Quant aux entretoises de l'entre-voie, elles présentent les mêmes dimensions que celles de la voie.

Toutes les autres dispositions adoptées pour l'ouvrage n° 24 et relatives aux consoles, trottoirs, garde-corps, platelage, etc., ont été reproduites pour l'ouvrage n° 25.

Les extrémités des poutres de ce tablier ont été ancrées sur les culées comme celles du n° 24, et pour les mêmes raisons.

Le poids de la partie métallique est de 71 150 kilogrammes, dont 57 800 kilogrammes pour les fers, et 13 350 kilogrammes pour les fontes; la longueur totale des poutres étant de 28^m,70, et la distance biaise entre les culées de 26^m,40, le poids par mètre courant de tablier est de 2 479 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture de 2 695 kilogrammes.

Les maçonneries des culées et des palées ont coûté 23 000 francs et la partie métallique 27 250 francs. Le prix total de l'ouvrage est donc de 50 250 francs, soit par mètre courant de portée, 1 833 francs.

La partie métallique (fers et fontes) revient par mètre courant et pour les deux voies dont se compose le tablier, à 949 francs, et par mètre carré de surface couverte à 117 francs.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

N° 26. — PASSAGE INFÉRIEUR DROIT SUR LE CHEMIN
DES ECONDEAUX. (Type spécial.)

Nombre de travées.	1	Hauteur des poutres. . . .	0 ^m ,400
Portée de la travée.	4 ^m ,20	Nombre de voies.	3
Nombre de poutres.	6	Épaisseur du tablier. . . .	0 ^m ,57

Poids du tablier métallique. 15 000 kilog.
soit par mètre courant de tablier $\frac{15000}{5,00} = . . . 3\,000 \text{ —}$
et par mètre courant d'ouverture $\frac{15000}{4} = . . . 3\,750 \text{ —}$

Prix des culées.	19 000 francs
Prix du tablier métallique.	6 100 —
Prix total de l'ouvrage.	25 100 francs
soit par mètre courant de portée.	5 976 —

La partie métallique revient par mètre courant à. 1 220 francs
et par mètre carré de surface couverte à. 90 —

ÉPREUVES.

	Poutre n. 1	Poutre n. 2	Poutre n. 3	Poutre n. 4	Poutre n. 5	Poutre n. 6
Poids mort.	0,0017	0,001	0,003	0,003	0,002	0,002
Poids roulant.. . . .	0,0025	0,0013	0,0045	0,003	0,001	0,004

N° 27. — PASSAGE INFÉRIEUR BIAIS SUR LE CHEMIN VICINAL N° 10.
(VOIE DE GAUCHE.) (Type spécial.) Ouverture normale 4^m,50.

Nombre de travées.	1	Hauteur des poutres. . . .	0 ^m ,600
Portée de la travée.	5 ^m ,50	Nombre de voies.	1
Nombre de poutres.. . . .	2	Épaisseur du tablier. . . .	0 ^m ,76

Poids du tablier métallique. 5 580 kilog.
soit par mètre courant de tablier $\frac{5\,580}{6,50} = . . . 858 \text{ —}$
et par mètre courant d'ouverture $\frac{5\,580}{5,058} = . . . 1\,103 \text{ —}$

Prix des culées.	14 700 francs
Prix du tablier métallique.	2 500 —
Prix total de l'ouvrage.	17 000 francs
soit par mètre courant de portée.	5 207 —

La partie métallique revient par mètre courant à. 353 francs
et par mètre carré de surface couverte à. 77 —

ÉPREUVES.

	Poutre n. 1	Poutre n. 2
Poids mort.	0,0030	0,0015
Poids roulant.	0,0025	0,0025

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

SAGE INFÉRIEUR BIAIS SUR LE

Eu égard à la portée et à l'épaisseur de tablier dont on disposait, le poids de la superstructure métallique de cet ouvrage aurait pu être sensiblement diminué si, au lieu d'employer le type C, comme on l'a fait, on eût employé l'un des types A ou A'.

On a vu que le tablier métallique établi sur la voie Royer (ouvrage n° 1), dont l'épaisseur est de 0^m,78 pour une portée de 6 mètres, ne pèse que 1 100 kilogrammes par mètre courant. Ce poids eût été porté à 1 500 kilogrammes si le platelage eût été en tôle striée; or, le tablier de l'ouvrage n° 29, pour une hauteur sensiblement la même et une portée de 5^m,80 seulement, pèse 2 140 kilogrammes par mètre courant, soit 600 kilogrammes de plus par unité de longueur. Les dispositions de l'ouvrage n° 29 doivent donc être évitées.

On aurait certainement remanié le projet de cet ouvrage pour le ramener à des dispositions plus acceptables, si on n'avait pas été pressé de le construire tel qu'il était prévu, pour livrer passage aux trains de terrassements et ne pas retarder l'ensemble des travaux.

On voit néanmoins par la comparaison qui vient d'être faite l'intérêt qu'il y a à étudier de très près les projets des ouvrages métalliques, si on tient à les établir économiquement.

N° 30. — PASSAGE INFÉRIEUR BIAIS SUR LA ROUTE NATIONALE N° 188, DE PARIS A CHARTRES.

(Type spécial.) Ouverture normale 11^m,00.

Nombre de travées.	1	Hauteur des poutres.	0 ^m ,75
Portée de la travée.	15 ^m ,92	Nombre de voies.	2
Nombre de poutres.	4	Epaisseur du tablier.	0 ^m ,84

Poids du tablier métallique. 40 000 kilog.

soit par mètre courant de tablier $\frac{40\,000}{15,52} = . . .$ 2 610 —

et par mètre courant d'ouverture $\frac{40\,000}{13,39} = . . .$ 2 987 —

Prix des culées. 23 500 francs

Prix du tablier métallique. 19 800 —

Prix total de l'ouvrage. 43 500 francs

soit par mètre courant de portée. 3 110 —

La partie métallique revient par mètre courant à. 1 292 francs

et par mètre carré de surface couverte à. 179 —

ÉPREUVES.

	Poutre n. 1	Poutre n. 2	Poutre n. 3	Poutre n. 4
Poids mort.. . . .	0,0110	0,0100	0,0100	0,0105
Poids roulant.	0,0100	0,0075	0,0090	0,0095

Type C'.

Dans ce système, chaque voie repose par l'intermédiaire d'entretoises sur deux arcs à tympans rigides.

OUVRAGE N° 31.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LE CANAL DE L'OURCQ.

(Pl. 13, fig. 13.)

Ce pont est biais. L'ouverture droite est de 18^m,28, l'ouverture biaise est de 20^m,69.

Par suite de la nécessité où l'on s'est trouvé de franchir cette distance sans points d'appui intermédiaires, on a dû recourir à un arc métallique à tympans rigides, ayant

21^m,60 de corde et 1^m,04 de flèche, qui se trouve par suite surbaissé au $\frac{1}{12}$ environ.

Le tablier, dont l'épaisseur est de 0^m,51, se compose de quatre fermes espacées sous les voies de 2^m,26 et réunies par des entretoises espacées elles-mêmes de 0^m,600, qui supportent les longrines sur lesquelles sont fixés les rails.

Chacune de ces fermes comprend un arc proprement dit formant l'intrados et un longeron horizontal, formant l'extrados, se confondant avec l'arc aux environs de la clef et reposant sur les culées à ses deux extrémités.

Aux naissances, l'arc proprement dit a une hauteur de 0^m,400 et est formé d'une âme de 0^m,010 d'épaisseur, et de deux cornières *intrados* de $\frac{90 \times 90}{10}$, renforcées par quatre semelles de 0^m,300 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur. Quant au longeron, il se compose d'une âme de 0^m,01 d'épaisseur, de 0^m,400 de hauteur, et de deux cornières supérieures de $\frac{90 \times 90}{10}$, renforcées d'une semelle de 0^m,30 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

A la clef, l'arc et le longeron sont réunis et présentent ensemble la section d'une poutre à double T, de 0^m,400 de hauteur, formée d'une âme de 0^m,010 d'épaisseur, de quatre cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$ et de cinq semelles de 0^m,300 de largeur et de 0^m,010 d'épaisseur, dont une à l'intrados et quatre à l'extrados.

Les montants, réunissant les arcs aux longerons, sont distants entre eux de 1^m,80 et formés de quatre cornières accouplées de $\frac{80 \times 80}{8}$, rivées contre les âmes des arcs et des longerons.

Les barres de treillis sont formées par des fers en U

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

	POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
	m.	m.
Arc n. 1.	0,010	0,009
— n. 2.	0,0065	0,0095
— n. 3.	0,010	0,008
— n. 4.	0,0095	0,013

OUVRAGE N° 32.

PASSAGE INFÉRIEUR SUR LA ROUTE NATIONALE N° 1, DE PARIS
A CALAIS.

(Pl. 13, *fig.* 11 et 12.)

Ce pont, qui est droit, présente une ouverture de 27^m,50 ; il se compose d'une seule travée formée d'un arc métallique à tympans rigides, ayant 28 mètres de corde et 2^m,80 de flèche.

Le tablier, dont l'épaisseur est de 0^m,57, se compose de quatre fermes espacées sous les voies de 2^m11 et réunies par des entretoises espacées elles-mêmes de 0^m,875, qui supportent les longrines sur lesquelles sont fixées les rails.

Chacune de ces fermes comprend un arc proprement dit, formant l'intrados, et un longeron horizontal, formant l'extrados, se confondant avec l'arc aux environs de la clef, et reposant sur les culées à ses deux extrémités.

Aux naissances, l'arc proprement dit a une hauteur de 0^m,400 et est formé d'une âme de 0^m,010 d'épaisseur et de deux cornières *intrados* de $\frac{90 \times 90}{10}$, renforcées par quatre semelles de 0^m,300 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur. Quant au longeron, il se compose d'une âme de 0^m,01 d'épaisseur, de 0^m,400 de hauteur et de deux

DIRES

de $\frac{9}{10}$

ur oⁿ

e lor

l'une

l'une

≤ 90

$\frac{1}{10}$

d'éq

nts c

le $\frac{80}{100}$

,

llis :

x, d

de l

s les

me d

ermé

outr

et

vent

, riv

es m

argen

n enc

1^{er},

als s

corps. Le platelage du tablier est formé de tôles striées de 0^m,006 d'épaisseur, rivées sur tout leur pourtour à la charpente métallique qui les supporte.

Le poids du tablier métallique est de 68 000 kilogrammes. La plus grande longueur du tablier mesurée suivant les longerons, étant de 18^m,92, et la longueur de la corde de 28 mètres, le poids par mètre courant de tablier est de 2 351 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture, de 2 428 kilogrammes.

Il est assez intéressant de remarquer que ce pont en arc pèse autant par mètre courant que le pont à poutres droites et à deux travées, établi sur le chemin de fer de Paris à Creil.

On reviendra, dans les conclusions données à la fin de la présente note, sur cet avantage que présentent les arcs en tôle.

Les maçonneries des culées ont coûté 34 000 francs et la partie métallique 29 000 francs.

Le prix total de cet ouvrage est donc de 63 000 francs, soit par mètre courant de portée 2 250 francs.

La partie métallique revient par mètre courant (et pour les deux voies dont se compose le tablier), à 1 002 francs, et par mètre carré de surface couverte à 124 francs.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

	POIDS MOR T.	POIDS ROULANT.
	m.	m.
Arc n. 1..	0,0135	0,013
— n. 2..	0,0135	0,014
— n. 3..	0,0155	0,0145
— n. 4..	0,0135	0,0135

PONTS MÉTALLIQUES DE LA GRANDE CEINTURE DE PARIS. 491
sont formées d'une âme de 0^m,008 d'épaisseur et de cornières de $\frac{90 \times 90}{12}$.

Ce pont se trouvant dans une courbe et la voie étant par conséquent en dévers, on a dû placer la longrine supportant le rail intérieur à la courbe, en contre-bas des entretoises, par suite du peu de hauteur dont on disposait entre le dessus de la voie et le dessous des poutres, 0^m,76. Cette sujétion n'a pas été nécessaire pour la longrine supportant le rail extérieur, qui se trouve plus haute de 0^m,08; aussi cette dernière passe sans interruption sur les entretoises, tandis que la longrine la plus basse a dû être coupée à la rencontre de chacune des pièces transversales du tablier.

La longrine la plus basse est supportée par deux longerons jumelés, espacés entre eux de 0^m,35 et réunis tous les 0^m,70 par de petites pièces transversales sur lesquelles reposent les longrines.

Ces longerons sont fixés aux entretoises; ils présentent une hauteur de 0^m,30 et sont formés d'une âme de 0^m,008 d'épaisseur et de deux cornières de $\frac{80 \times 60}{8}$ placées extérieurement aux longerons.

Quant à la longrine la plus haute, elle est supportée par un longeron simple, fixé après les entretoises, et formé d'une âme de 0^m,300 de hauteur sur 0^m,008 d'épaisseur et de quatre cornières de $\frac{80 \times 60}{8}$.

Le platelage du tablier est formé de tôles striées de 0^m,006 d'épaisseur, rivées par leurs quatre côtés, soit sur les cornières des longerons ou les semelles des entretoises, soit sur des cornières longitudinales fixées à l'âme des grandes poutres, entre les barres de treillis. Ce platelage très rigide a permis de supprimer le contreventement horizontal.

Le poids du tablier métallique est de 31 700 kilogram-

Les montants de l'ouvrage n° 33 sont formés seulement de quatre cornières assemblées entre elles et interrompues à la rencontre de chacune des barres du treillis.

Dans l'ouvrage n° 34, au contraire, les montants, dont la disposition est donnée planche 13, *fig.* 15, sont formés d'une tôle pleine, aussi large que les semelles auxquelles elle est fixée et régnant sur toute la hauteur de la poutre ; cette tôle, qui ne présente d'évidements que pour le passage des barres du treillis, est armée de cornières sur ses deux faces.

Ces derniers montants ont l'inconvénient de présenter un poids bien supérieur aux premiers, sans donner pour cela un excédent de résistance, ainsi qu'on le verra par la comparaison des tableaux où sont consignés les résultats des épreuves. On remarquera au contraire que le tablier n° 33, établi avec les montants les plus légers, s'est mieux comporté sous l'influence des charges d'épreuves, que le tablier n° 34 établi avec les montants les plus lourds.

Les entretoises n'ont que 0^m,35, par suite de la hauteur très réduite dont on disposait entre le dessus des rails et le dessous des poutres, 0^m,60.

Elles sont formées d'une âme de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{80 \times 80}{11}$ et de semelles de 0^m,250 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Toutes les autres dispositions du tablier n° 34 sont les mêmes que pour le tablier n° 33.

Ce dernier pèse 1 585 kilogrammes par mètre courant, tandis que le n° 35 pèse 1 700 kilogrammes.

Cette différence est due uniquement aux différents systèmes de montants employés.

On peut donc conclure que les montants du pont n° 34 doivent être évités, puisqu'ils pèsent davantage et ne donnent pas à l'ensemble de la charpente métallique plus de résistance que les montants du tablier n° 33.

Le poids du tablier métallique n° 34 est de 34 000 kilo-

hauteur; les cornières ont $\frac{90 \times 90}{10}$ et les semelles $0^m,350$ de largeur sur $0^m,010$ d'épaisseur.

Les treillis sont formés par des fers en U qui ont $\frac{235 \times 85}{10 \times 12,5}$ près des appuis et $\frac{140 \times 52}{8 \times 10}$ au milieu de la travée.

Les entretoises correspondent à chacun des montants des poutres et sont reliées à celles-ci au moyen de goussets qui en diminuent la portée. Elles présentent une hauteur de $0^m,600$ et sont formées d'une âme de $0^m,008$ d'épaisseur, de cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$ et de semelles de $0^m,300$ de largeur sur $0,010$ d'épaisseur.

Ce pont est placé dans une courbe; la voie se trouve par conséquent en dévers. Pour ce motif et aussi en raison de ce qu'on ne pouvait donner que $0^m,85$ d'épaisseur au tablier, on a dû disposer les longrines et longerons sous rails, ainsi qu'il a été dit à l'ouvrage n° 33, page 491.

Le platelage du tablier est formé de tôles striées de $0^m,006$ d'épaisseur (non compris les stries qui ont $0^m,002$ rivées par leurs quatre côtés, soit sur les cornières des longerons ou les semelles des entretoises, soit sur des cornières longitudinales fixées à l'âme des grandes poutres, entre les barres du treillis. Ce platelage très rigide a permis de supprimer le contreventement horizontal.

Le poids du tablier est de 47 000 kilogrammes; la longueur totale des poutres étant de $17^m,30$ et l'ouverture biaise entre les culées, de $15^m,364$, le poids par mètre courant de tablier est de 2 716 kilogrammes et par mètre courant d'ouverture de 3 059 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 23 000 francs et le tablier 19 000 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 42 000 francs, soit par mètre courant de portée 2 692 francs.

Les entretoises correspondent à chacun des montants des poutres et sont reliées à celles-ci au moyen de goussets qui en diminuent la portée.

Ces entretoises présentent une hauteur de $0^m,400$; elles sont formées d'une âme de $0^m,008$ d'épaisseur, de cornières de $\frac{90 \times 90}{12}$ et de semelles de $0^m,350$ de largeur sur $0^m,010$ d'épaisseur.

Par suite du peu de hauteur dont on disposait entre le dessus des rails et le dessous des poutres ($0^m,67$) et en raison de ce que ce pont étant placé dans une courbe, les longrines se trouvent en dévers, on a dû adopter pour cet ouvrage la disposition décrite au n° 33 ci-dessus, page 491.

Le platelage du tablier est formé de tôles striées fixées sur tout leur pourtour à la charpente métallique qui les supporte.

On verra par les conclusions données à la fin de cette note, combien ce type est préférable, au point de vue de l'économie, à celui qui est formé de trois poutres longitudinales dont une intermédiaire, réunies entre elles par des entretoises de plus faible portée.

Le poids du tablier métallique est de 82 400 kilogrammes. La longueur totale des poutres étant de 27 mètres et l'ouverture biaise entre les culées, de $23^m,547$, le poids par mètre courant de tablier est de 3 050 kilogrammes et par mètre courant d'ouverture, de 3 500 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 38 000 francs et la partie métallique 33 000 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 71 000 francs, soit par mètre courant de portée 2 840 francs.

Il résulte de ce qui précède que la partie métallique revient à 1 222 francs par mètre courant et à 151 francs par mètre carré de surface couverte.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

les voies est formé de deux grandes poutres à treillis espacées de 8^m,520, d'axe en axe, réunies par de grandes entretoises espacées elles-mêmes de 1^m,98. La passerelle est supportée d'une part par une petite poutre à treillis et d'autre part par l'une des deux poutres supportant les voies ; ces poutres, espacées de 3^m,155 d'axe en axe, sont réunies par de petites entretoises en fer laminé, espacées elles-mêmes de 0^m,990.

Les deux grandes poutres supportant les voies présentent les mêmes dimensions, à cette différence près, que le nombre de semelles est plus grand pour la poutre intermédiaire que pour la poutre de rive, par suite du surcroît de charge imposé à la première par la moitié du poids de la passerelle qu'elle a à supporter.

Ces deux poutres présentent une hauteur de 2^m,38 ; elles sont formées d'une âme évidée de 0^m,008 d'épaisseur dont les parties pleines ont 0^m,400 de hauteur ; les cornières ont $\frac{90 \times 90}{10}$, et les semelles sont formées de feuilles de tôle de 0^m,300 de largeur et de 0^m,010 d'épaisseur.

Les treillis sont formés par des fers en U dont la section varie entre $\frac{235 \times 90}{10 \times 12,5}$ et $\frac{140 \times 52}{8 \times 10}$.

Les entretoises correspondent à chacun des montants des poutres et sont reliées à celles-ci au moyen de goussets qui en diminuent la portée.

Ces entretoises présentent une hauteur de 0^m,550 ; elles sont formées d'une âme de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$ et de semelles de 0^m,300 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Ce pont étant placé dans le voisinage d'une courbe, la voie se trouve par conséquent en dévers.

Comme d'autre part, on ne disposait que de 0^m,80 pour l'épaisseur du tablier, on a été forcé d'établir les longrines

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

ons sous rails suivant la

l'ouvrage n° 33, page 491

lage du tablier est formé

eur pourtour à la charpen

lle. — La poutre de rive
hauteur de 1^m,09; elle e

e $\frac{150 \times 100}{11 \times 11}$, renforcés

largeur sur 0^m,010 d'épaisse

re eux par des barres de tr

t la section varie entre $\frac{80 \times 80}{4}$

retoises qui relient cette pou

uire supportant une des vo

, sont en fer à double T la

ge est formé par des voûtes

r, dont les naissances re

des entretoises. Ces voû

blissage en béton sur lequel

de 0^m,02, présentant tran

nt afin de faciliter l'écouleme

cette couche d'asphalte que s

is.

ls de la partie métallique

dont 200 000 kilogrammes

de fontes pour colonnes et

gueur totale des poutres

ure biaise entre les culées

courant de tablier est de

courant d'ouverture, de

çonneries des culées, des p

la passerelle ont coûté 44

94 000 francs; le prix t

donc de 138 000 francs, soit par mètre courant de portée,
1 926 francs.

D'après cela, le pont métallique portant une même
courant
verte à
voies de
Épre
les fléch

ltre n. 1 de rive. . .
ltre n. 2 interméd. .
ltre n. 5 passerelle. .

*Dans ce
de for
dont l*

PASS

Ce po
l'ouvertu
seule tra

Ce pont est placé dans une courbe, la voie se trouve par conséquent en dévers. Pour ce motif et aussi en raison de ce que l'on ne pouvait donner que $0^m,71$ à l'épaisseur du tablier, on a dû disposer les longrines et longerons sous rails ainsi qu'il a été dit à l'ouvrage n° 33, page 491.

Le platelage du tablier est formé de tôles striées fixées sur tout leur pourtour à la charpente métallique qui les supporte.

Le poids du tablier métallique est de 80 000 kilogrammes; la longueur totale des poutres étant de $22^m,40$ et l'ouverture biaise entre les culées, de $18^m,83$, le poids par mètre courant de tablier est de 3 571 kilogrammes et par mètre courant d'ouverture, de 4 248 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 39 700 francs et le tablier métallique 40 300 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 80 000 francs, soit par mètre courant de portée 3 902 francs.

Il résulte des renseignements qui précèdent que la partie métallique revient par mètre courant et pour les deux voies dont se compose le tablier, à 1 800 francs et par mètre carré de surface couverte à 183 francs.

On verra par les conclusions données à la fin de cette note, que le système adopté pour cet ouvrage est beaucoup moins économique que le système adopté pour les tabliers n°s 35 et 36, qui consiste en deux grandes poutres à treillis reliées entre elles par de fortes entretoises sur lesquelles reposent les voies.

L'adjonction d'une troisième poutre entraîne en effet une augmentation de largeur du tablier qui n'est pas moindre de $1^m,30$; les culées doivent être élargies de la même quantité.

Toutes ces sujétions, jointes à un cube de remblai plus élevé, ainsi qu'à une augmentation de surface des terrains à acquérir aux abords de l'ouvrage, constituent un surcroît de dépenses qu'on peut éviter en adoptant de préférence

point d'appui intermédiaire. Ce type a l'avantage de bien dégager la vue de la voie.

Le tablier, dont l'épaisseur est de $0^m,60$, est formé par deux grandes poutres longitudinales à treillis de $17^m,60$ de longueur, formant garde-corps. La distance entre les poutres est de $4^m,40$ dont $2^m,40$ pour la chaussée et 1 mètre pour chacun des trottoirs.

Les poutres sont réunies par des entretoises de $0^m,38$ de hauteur, espacées elle-mêmes de $1^m,60$.

Les poutres ont $1^m,76$ de hauteur; elles sont formées d'une âme évidée de $0^m,007$, présentant à sa partie supérieure une hauteur pleine de $0^m,25$ et à sa partie inférieure une hauteur de $0^m,72$, pour cacher les voûtes supportant les trottoirs.

Les treillis sont à mailles serrées, puisqu'ils doivent former garde-corps. On a donc dû les composer de fers plats de $0^m,06$ de largeur sur $0^m,008$ d'épaisseur.

Les cornières des poutres ont $\frac{80 \times 80}{10}$, et les semelles $0^m,360$ de largeur sur $0^m,010$ d'épaisseur.

Les montants correspondent à chaque entretoise et sont composés de quatre cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$.

La chaussée repose sur des voûtes en briques de $0^m,11$ d'épaisseur, dont les naissances s'appuient sur les cornières inférieures des entretoises. Ces voûtes sont garnies de béton jusqu'au niveau des entretoises. Une couche d'asphalte de $0^m,02$ d'épaisseur recouvre ce béton et reçoit les eaux pluviales, qu'elle amène, au moyen d'une pente légère ménagée à cet effet, jusqu'à la partie antérieure des culées.

La chaussée présente une épaisseur moyenne de $0^m,23$; elle est empierrée sur toute sa longueur.

Les trottoirs sont établis sur des voûtes en briques de $0^m,11$ d'épaisseur, dont les naissances s'appuient sur les

OUVRAGE N° 40.

PASSAGE SUPÉRIEUR SUR LA DÉVIATION DU CHEMIN
DU TRUET.(Pl. 14, *fig.* 23.)

Ce pont est droit; il présente une ouverture de 19^m,80 entre les culées.

Il est à une seule travée de 20 mètres de portée; le tablier est formé par deux grandes poutres longitudinales à treillis de 21^m,60 de longueur, formant garde-corps. La distance entre ces deux poutres est de 4^m,35, dont 2^m,50 pour la chaussée et 0^m,925 pour chacun des trottoirs.

Les poutres sont réunies par des entretoises de 0^m,40 de hauteur, espacées de 1^m,80 d'axe en axe.

Les poutres ont 2^m,10 de hauteur; elles sont formées d'une âme évidée de 0^m,008 d'épaisseur, dont les parties pleines ont 0^m,300 de hauteur.

Les cornières ont $\frac{80 \times 80}{8}$ et les semelles 0^m,350 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Les treillis sont formés par des fers en U de $\frac{140 \times 52}{8 \times 10}$; ils sont donc à grandes mailles. Cela est avantageux au point de vue de l'aspect et de la facilité de la construction, mais cela a des inconvénients, puisque le treillis doit former garde-corps.

Les entretoises correspondent à chaque montant et sont formées d'une âme de 0^m,008 et de cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$.

La chaussée repose sur des voûtes en briques de 0^m,11 d'épaisseur, dont les naissances s'appuient sur les cornières inférieures des entretoises. Ces voûtes sont garnies de béton jusqu'à la partie supérieure des entretoises. Une couche

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

12, recouvre ce béton
mène, au moyen d'un
jusqu'à la partie an
ante une épaisseur
sur toute sa largeur
nt établis sur des v
, dont les naissances
res des entretoises.
de moitié.

prises entre les rein
arnissage en béton su
de 0,02 qui recouvi
blier métallique est
totale des poutres
es culées, de 19^m,80
est de 1 227 kilogra
re, de 1 338 kilogran
s des culées ont cot
et chaussée 2 400 fr
ancs. Le prix total d
3, soit par mètre

qui précède, que l
courant à 477 francs
e à 110 francs. Ce d
il comprend les voi

nt être encore rédui
simplement de qua
s deux semelles des
ainsi qu'on l'a déjà
ffet autant de résis

it, ce tablier constru
plus économique q

pour les ouvrages n° 39, 40, 41 et 42, puisqu'il permet de franchir une portée de 20 mètres presque au même prix de revient qu'une portée de 16 mètres avec le type ordinaire.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves. les flèches constatées ont été de :

	POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
	m.	m.
Poutre n. 1..	0,0015	0,0045
— n. 2..	0,0020	0,002

Trois autres ouvrages ont été établis suivant le type E. Leurs dispositions, au point de vue de la coupe transversale, étant semblables à celles des précédents ouvrages dont la description vient d'être donnée, on se bornera à faire connaître leurs principales dimensions, leurs poids et prix de revient, afin d'établir des comparaisons avec d'autres ouvrages construits suivant des systèmes différents.

Nombre de travées.	1	Hauteur des poutres.	1 ^m ,76
Portée de la travée.	16 ^m ,00	Distance entre les poutres.	4 ^m ,40
Nombre de poutres.	2	Largeur de la chaussée.	2 ^m ,40

Type F.

Dans ce système, applicable à des largeurs entre garde-corps comprises entre 6 et 10 mètres, le platelage repose par l'intermédiaire de fortes entretoises, sur deux poutres de rive à âme pleine placées en contre-bas du niveau de la chaussée. Par ce fait, la portée de ces ponts est limitée ou doit être subdivisée en plusieurs travées.

OUVRAGE N° 44.

PASSAGE SUPÉRIEUR SUR LE CHEMIN D'INTÉRÊT COMMUN N° 18.
(Pl. 14, fig. 22.)

Ce pont est biais. L'ouverture normale est de 16 mètres, l'ouverture biaise est de 16^m,226.

L'ouvrage est composé de trois travées; les deux travées extrêmes ont 4 mètres de portée et la travée intermédiaire 8 mètres.

Les palées sont formées de colonnes en fonte de 0^m,30 de diamètre à la base; 0^m,25 au sommet, et présentant une épaisseur de 0^m,025.

Les chapiteaux sur lesquels reposent les poutres ont 0^m,55 de côté à leur partie supérieure.

La distance comprise entre les garde-corps est de 6 mètres, dont 4^m,80 pour la chaussée et 0^m,60 pour chacun des trottoirs.

Le tablier métallique, dont l'épaisseur est de 0^m,91, se compose de deux poutres longitudinales de 18^m,30 de longueur, espacées entre elles de 5^m,626 d'axe en axe et réunies par des entretoises espacées elles-mêmes de 1^m,900.

Les deux poutres longitudinales ont 0^m,900 de hauteur; elles sont formées d'une âme pleine de 0^m,008, de cornières

de $\frac{90 \times 90}{10}$ et de semelles de 1
d'épaisseur.

Les entretoises présentent 1
sont formées d'une âme de 0^m,1
et de semelles de 0^m,300 de
BOULE.

Les trottoirs, dont la large
partie sur les semelles supérie
nales et partie sur les voûtes

Ces trottoirs sont constitués
recouvert d'une couche d'asph

La chaussée repose sur des
d'épaisseur, dont les naissances
inférieures des entretoises. De
la partie supérieure des voûtes
des eaux pluviales amenées e
inclinés formés d'une couche
vrant les voûtes en briques p
nissage en béton.

La chaussée est pavée sur t

Le poids du tablier métalliq
mes, dont 21 700 kilogramme
grammes pour les fontes. La
étant de 18^m,30 et l'ouverture
16^m,226, le poids par mètre
1 521 kilogrammes, et par
1 716 kilogrammes.

Les maçonneries des culées
voûtes en briques et la chaussé
tallique 12 500 francs. Le prix
24 500 francs, soit par mètre c
La partie métallique revient à
rant et à 113 francs par mètre

Ce dernier prix s'élève à 151 francs lorsqu'il comprend les voûtes en briques et la chaussée.

On verra par la comparaison des poids et prix de revient, que ce tablier est plus cher que les types de passages supérieurs (Pl. 14, *fig.* 23) dont la description a été donnée page 508, bien que pour franchir une portée sensiblement la même, cet ouvrage spécial comporte des points d'appui intermédiaires, tandis que l'ouvrage type franchit la distance totale d'une seule volée.

Cela tient au grand écartement des poutres longitudinales, qui entraîne l'emploi de fortes entretoises.

Ce système est donc à éviter et il y aura lieu, toutes les fois qu'on aura à établir un tablier dans les conditions analogues à celles où s'est trouvé l'ouvrage n° 44, d'ajouter une troisième poutre sous chaussée, dont le poids sera largement compensé par l'économie qu'on réalisera sur les entretoises, dont la portée sera ainsi réduite de moitié.

On arrive ainsi au type G, qui constitue la solution la plus avantageuse.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

		POIDS MORT.			POIDS ROULANT.		
		1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e
		travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.
		m.	m.	m.	m.	m.	m.
Poutre n. 1		0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
— n. 2..		0,000	0,0015	0,000	0,000	0,0017	0,000

Les travées chargées isolément.

réunies entre elles par un fer en U de 0^m,300 de hauteur, composé de cornières et de fers plats, sur lequel sont fixés les montants de garde-corps.

Des briques posées à plat reposent sur les ailes de fers à T de $\frac{100 \times 60}{8}$, rivés à la partie supérieure des consoles, et supportent les couches de béton et d'asphalte qui constituent les trottoirs.

La chaussée repose sur des voûtes en briques de 0^m,11 d'épaisseur, dont les naissances s'appuient sur des cornières spéciales rivées contre les entretoises.

Ces voûtes sont recouvertes de béton ; à leur partie supérieure sont placées des gargouilles pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales, amenées en ces points par des plans inclinés formés d'une couche d'asphalte de 0^m,02 d'épaisseur qui recouvre les voûtes sur toute leur surface.

La chaussée est empierrée ; deux caniveaux pavés de 0^m,80 sont placés de chaque côté, contre les bordures des trottoirs.

Les observations présentées à propos de l'ouvrage n° 44, et qui avaient pour objet de montrer l'économie que présentent sur les ponts à deux poutres, les systèmes en comportant trois ou quatre pour une même largeur, sont également applicables pour l'ouvrage n° 45, qui a été établi suivant le même type.

Le poids de la partie métallique est de 92 078 kilogrammes, dont 81 656 kilogrammes pour les fers et 10 422 kilogrammes pour les fontes.

La longueur totale des poutres étant de 35^m,67, et la distance entre les culées de 33^m,76, le poids par mètre courant de tablier est de 2 581 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture, de 2 727 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 23 500 francs, les voûtes en briques et la chaussée 8 500 francs, et la partie métallique 43 830 francs.

Type G.

Dans ce système, applicable à toutes les largeurs entre garde-corps supérieures à 10 mètres, le platelage repose sur un certain nombre de poutres placées sous la chaussée. Deux poutres de rive sont disposées sous les trottoirs qui sont portés, partie par ces poutres et partie par des consoles.

OUVRAGE N° 46.

PASSAGE SUPÉRIEUR SUR LA ROUTE NATIONALE N° 190,
DE PARIS A MANTES.

Ce pont est biais. L'ouverture droite est de 8^m,25 et l'ouverture biaise 8^m,73. Il est à une seule travée.

Il présente une largeur de 14 mètres entre garde-corps, dont 9 mètres pour la chaussée et 2^m,50 pour chacun des trottoirs.

La hauteur verticale entre le dessus de la chaussée et le dessous des poutres est de 1 mètre.

Le tablier métallique se compose de sept poutres longitudinales ayant chacune 10^m,20 de longueur et 9 mètres de portée ; ces poutres sont espacées entre elles de 1^m,80 d'axe en axe et réunies par des entretoises espacées elles-mêmes de 1^m,80.

Les deux poutres de rive ont 0^m,850 de hauteur ; elles sont formées d'une âme pleine de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{80 \times 80}{12}$, et d'une semelle de 0^m,250 de largeur sur 0,01 d'épaisseur.

Les cinq poutres intermédiaires ont 0^m,600 de hauteur ; elles sont formées d'une âme pleine de 0^m,008 d'épaisseur,

Le prix total de l'ouvrage est donc de 47 500 francs, soit par mètre courant de portée 5 278 francs.

La partie métallique revient par mètre courant à 1 009 francs, et par mètre carré de surface couverte à 72 francs.

Ce dernier prix s'élève à 108 francs lorsqu'il comprend les voûtes en briques et la chaussée.

Ces prix sont un peu élevés, eu égard à la portée, puisqu'on verra plus loin que la superstructure métallique d'un ouvrage analogue (passage supérieur sur la route nationale n° 3, de Paris à Mayence), dont la portée est de 11^m,20, a été établie au prix de 78 francs.

Cette différence tient à ce qu'on ne disposait que d'une épaisseur de tablier de 1 mètre pour la route n° 190, tandis que pour le pont de la route nationale n° 3, cette épaisseur a pu être portée à 1^m,36.

Il en est résulté que dans le premier de ces ouvrages, on a dû augmenter le nombre de poutres, ce qui a entraîné une augmentation du prix de revient :

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

		POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
		m.	m.
Poutre n. 1..	.....	0,0005	0,001
— n. 2..	.....	0,001	0,002
— n. 3..	.....	0,003	0,0026
— n. 4..	.....	0,0005	0,004
— n. 5..	.....	0,001	0,002
— n. 6..	.....	0,0015	0,001
— n. 7..	.....	0,00	0,001

par un fer en U de $\frac{250 \times 80}{10 \times 11}$, sur lequel sont fixés les montants de garde-corps. Des briques à plat, posées sur les ailes de fers à T de $\frac{100 \times 60}{8}$, rivés sur la partie supérieure des consoles, supportent ainsi les couches de béton et d'asphalte qui constituent les trottoirs.

La chaussée repose sur des voûtes en briques de 0^m,11 d'épaisseur, dont les reins sont garnis en béton. Cette maçonnerie est recouverte par une couche d'asphalte de 0^m,02. Des gargouilles sont placées à la partie supérieure des voûtes pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales.

La chaussée est pavée sur toute sa largeur.

Le poids de la partie métallique est de 30 000 kilogrammes. La longueur totale des poutres étant de 15 mètres et l'ouverture biaise entre les culées de 10^m,584, le poids par mètre courant de tablier est de 2 000 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture, de 2 834 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 43 000 francs; les voûtes en briques et chaussée 5 500 francs; la partie métallique 11 700 francs. Le prix total de l'ouvrage est donc de 60 200 francs, soit 5 375 francs par mètre courant de portée. La partie métallique revient à 780 francs par mètre courant, et à 78 francs par mètre carré de surface couverte. Ce dernier prix s'élève à 114 francs lorsqu'il comprend les voûtes en briques et la chaussée.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

	POIDS MORT.	POIDS ROULANT.
	m.	m.
Poutre n. 1..	0,0025	0,002
— n. 2..	0,0035	0,0025
— n. 3..	0,003	0,001
— n. 4..	0,0015	0,002



PONTS MÉTALLIQUES DE LA GRANDE CEINTURE DE PARIS. 525

tretoises, et partie par des consoles distantes entre elles de 1^m,60 et réunies par un fer en U de $\frac{300 \times 75}{10 \times 10}$ sur lequel sont fixés les montants de garde-corps.

Des fers à T de $\frac{100 \times 60}{8}$ et des cornières de $\frac{60 \times 60}{7}$ sont rivés sur ces consoles à leur partie supérieure. Des briques à plat sont posées sur les ailes de ces fers et supportent ainsi les couches de béton et d'asphalte qui constituent les trottoirs.

La chaussée repose sur des voûtes en briques de 0^m,11 d'épaisseur, dont les reins sont remplis par un garnissage en béton. Cette maçonnerie est recouverte par une couche générale d'asphalte de 0^m,02 d'épaisseur qui reçoit les eaux pluviales et les amène au moyen d'une pente légère, ménagée à cet effet, jusqu'à la partie antérieure des culées.

La chaussée est empierrée. Deux caniveaux pavés de 0^m,60 de largeur sont établis le long des bordures de trottoirs.

Le poids de la partie métallique est de 41 800 kilogrammes, dont 34 200 kilogrammes pour les fers, et 7 600 kilogrammes pour les fontes.

La longueur totale des poutres étant de 18^m,60 et l'ouverture biaise entre les culées de 17^m,21, le poids par mètre courant du tablier métallique est de 2 247 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture de 2 428 kilogrammes.

Les maçonneries des culées et des palées ont coûté 33 600 francs; les voûtes en briques et la chaussée 6 000 francs, et la partie métallique 15 200 francs. Le prix total de l'ouvrage est donc de 54 800 francs, soit 3 131 francs par mètre courant de portée.

Il résulte des renseignements qui précèdent, que la partie métallique revient par mètre courant à 817 francs, et

MÉMOIRES 1

mètre carré de surface c
s'élève à 95 francs lo
es et la chaussée.

preuves. — Sous l'infl
èches constatées ont ét

Poutre n. 1.. . . .	c
— n. 2.. . . .	c
— n. 3.. . . .	c
— n. 4.. . . .	c
— n. 5.. . . .	c

OUVRA

GE SUPÉRIEUR SUR LA R

A BA

(Pl. 15, /

pont est biais. L'ouve
verture biaise est de 18
ouvrage est composé d
extrêmes ont 4^m,44 d'o
nédiaires 8^m,88.

3 palées sont formées
amètre à la base, 0^m,2
seur de 0^m,025.

3 chapiteaux sur lesqi
de côté.

La distance comprise entre les garde-corps est de 13 mètres, dont 10 mètres pour la chaussée et 1^m,50 pour chacun des trottoirs.

Le tablier métallique se compose de cinq poutres longitudinales de 21^m,02 de longueur, espacées entre elles de 2^m,946 d'axe en axe, et réunies par des entretoises de 0^m,400 de hauteur, espacées elles-mêmes de 1^m,567.

Les deux poutres de rive ont 0^m,800 de hauteur; elles sont formées d'une âme pleine de 0^m,008 d'épaisseur et de cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$.

Les trois poutres intermédiaires ont 0^m,650 de hauteur; elles sont formées d'une âme pleine de 0^m,008 d'épaisseur, de cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$ et de semelles de 0^m,25 de largeur sur 0^m,01 d'épaisseur.

Les trottoirs en encorbellement sont supportés, partie par les voûtes en briques et partie par des consoles correspondant à chaque cours d'entretoises.

Ces consoles sont réunies entre elles par un fer en U de $\frac{175 \times 60}{8 \times 10}$ posé de champ, sur lequel sont fixés les montants de garde-corps.

Des fers à T de $\frac{100 \times 60}{8}$ et des cornières de $\frac{80 \times 60}{7}$ sont rivés sur ces consoles à leur partie supérieure. Des briques à plat sont posées sur les ailes de ces fers et supportent ainsi les couches de béton et d'asphalte qui constituent les trottoirs.

La chaussée repose sur des voûtes en briques de 0^m,11 d'épaisseur, dont les reins sont remplis par un garnissage en béton. Cette maçonnerie est recouverte par une couche d'asphalte de 0^m,02. Des gargouilles sont placées à la partie supérieure des voûtes pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales.

POIDS MORT.			POIDS ROULANT		
1 ^{re} travée.	2 ^e travée.	3 ^e travée.	1 ^{re} travée.	2 ^e travée.	3 ^e travée.
m.	m.	m.	m.	m.	m.
Poutre n. 1. .	+ 0,0002	— 0,0013	+ 0,0002	— 0,0002	— 0,0005
— n. 2. .	+ 0,0002	— 0,0015	+ 0,0002	— 0,0008	— 0,0014
— n. 3. .	+ 0,0002	— 0,0016	+ 0,0002	— 0,0009	— 0,0013
— n. 4. .	+ 0,0002	— 0,0015	+ 0,0002	— 0,0014	— 0,0022
— n. 5. .	+ 0,0002	— 0,0013	+ 0,0002	— 0,0008	— 0,0006
La charge étant placée sur la travée n° 2.					

OUVRAGE N° 50.

PASSAGE SUPÉRIEUR SUR LA ROUTE DÉPARTEMENTALE N° 23,
DE PARIS A BONDY.
(Pl. 15, fig. 28.)

Cet ouvrage a été construit suivant les mêmes dispositions que le passage supérieur sur la route départementale n° 24 dont la description a été donnée page 524. La seule différence consiste en ce que le premier ouvrage, ayant 12 mètres de largeur, est composé de cinq poutres, tandis que le pont sur la route départementale n° 23 n'ayant que 10 mètres seulement, le nombre de poutres a été réduit à quatre.

Ce pont est biais. L'ouverture droite est de 16^m,30; l'ouverture biaise est de 18^m,214.

L'ouvrage est composé de deux travées de 9 mètres d'ouverture chacune.

Il présente une largeur de 10 mètres entre garde-corps, dont 6 mètres pour la chaussée et 2 mètres pour chacun des trottoirs.

La hauteur verticale entre le dessus de la chaussée et le dessous des poutres est de 1^m,03.

PONTS MÉTALLIQUES DE LA GRANDE CEINTURE DE PARIS. 531

Le prix total de l'ouvrage est donc de 49 100 francs, soit par mètre courant de portée 2 654 francs.

Il résulte des renseignements qui précèdent que la partie métallique revient par mètre courant à 657 francs, et par mètre carré de surface couverte à 66 francs.

Ce prix s'élève à 92 francs lorsqu'il comprend les voûtes en briques et la chaussée.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

		POIDS MORT.		POIDS ROULANT.	
		1 ^{re} travée.	2 ^e travée.	1 ^{re} travée.	2 ^e travée.
		m.	m.	m.	m.
Pontre n. 1..	.....	0,002	0,002	0,001	0,002
— n. 2..	.....	0,002	0,002	0,003	0,0015
— n. 3..	.....	0,001	0,002	0,002	0,002
— n. 4..	.....	0,002	0,002	0,0015	0,002
		Les travées chargées isolément.			

OUVRAGE N° 51.

PASSAGE SUPÉRIEUR SUR LA RUE NEUVE-D'HENNEMONT.

Ce pont est biais. L'ouverture droite est de 18^m,90 ; l'ouverture biaise de 19^m,05.

L'ouvrage est composé de trois travées ; les deux travées extrêmes ont 5^m,20 d'ouverture et la travée intermédiaire 7^m,80.

Il présente une largeur de 10 mètres entre garde-corps, dont 7 mètres pour la chaussée et 1^m,50 pour chacun des trottoirs.

Les palées sont formées de colonnes en fonte semblables

La chaussée ne présente que 0^m,23 d'épaisseur et est empierrée sur toute sa largeur.

Le poids du tablier métallique est de 41 000 kilogrammes, dont 29 000 kilogrammes pour les fers et 12 000 kilogrammes pour les fontes. La longueur totale des poutres étant de 20^m,50 et l'ouverture entre les culées de 19^m,05, le poids par mètre courant de tablier est de 2 000 kilogrammes et par mètre courant d'ouverture de 2624 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 13 100 francs, les voûtes en briques et la chaussée 4 200 francs, et la partie métallique 14 500 francs.

Le prix total de l'ouvrage est donc de 31 800 francs, soit par mètre courant de portée, 1647 francs.

La partie métallique revient par mètre courant à 707 francs et par mètre carré de surface couverte à 70 francs.

Ce prix s'élève à 91 francs lorsqu'il comprend les voûtes en briques et la chaussée.

Ce prix, un peu élevé, tient à ce qu'on n'a pu donner qu'une hauteur relativement faible aux poutres longitudinales.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

	POIDS MORT.			POIDS ROULANT.		
	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e
	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Poutre n. 1..	0,00	0,0015	0,00	0,001	0,001	0,001
— n. 2..	0,001	0,002	0,0015	0,001	0,001	0,001
— n. 3..	0,0015	0,0025	0,0015	0,001	0,0025	0,002
— n. 4..	0,002	0,002	0,00	0,00	0,001	0,000

Les travées chargées isolément.

L'autre poutre de la passerelle a également 1^m,80 de hauteur; elle présente les mêmes dispositions, mais elle est formée de fers à T de $\frac{200 \times 100}{15}$, renforcés par une semelle de 0^m,200 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Ces deux poutres, espacées de 3^m,25 d'axe en axe, sont reliées par des entretoises en fer double T laminé de $\frac{200 \times 90}{8}$ espacées de 1^m,70.

Des voûtes en briques de 0^m,055 d'épaisseur, reposent sur les ailes inférieures de ces entretoises et sont garnies sur les reins d'un remplissage en béton que recouvre une chape d'asphalte de 0^m,02 sur laquelle s'effectue la circulation des piétons. Le tablier du passage supérieur proprement dit se compose de quatre poutres de 10^m,40 de longueur, espacées de 2^m,50 d'axe en axe et réunies par des entretoises espacées elles-mêmes de 1^m,80.

Les deux poutres de rive ont 0^m,900 de hauteur; elles sont formées d'une âme de 0^m,010 et de cornières de $\frac{80 \times 80}{8}$

Les deux poutres intermédiaires ont 0^m,600 de hauteur; elles sont formées d'une âme de 0^m,008, de cornières de $\frac{80 \times 80}{11}$ et de semelles de 0^m,300 de largeur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Les entretoises ont 0^m,400 de hauteur; elles sont formées d'une âme de 0^m,007 et de cornières de $\frac{90 \times 70}{7}$.

Le trottoir opposé à la passerelle est en encorbellement et repose sur des consoles espacées de 1^m,80, réunies par un fer en U de $\frac{250 \times 80}{10 \times 11}$ sur lequel sont fixés les montants de garde-corps.

De petits fers à T de $\frac{100 \times 60}{8}$, régnant d'un bout à l'au-

La partie métallique revient par mètre courant à 796 francs, et par mètre carré de surface couverte à 59 francs. Ce dernier prix s'élève à 80 francs lorsqu'il comprend les voûtes en briques et la chaussée.

Ces prix comprennent non seulement la surface du passage supérieur proprement dit, mais encore celle de la passerelle. C'est pourquoi les prix par unité de longueur et par unité de surface sont aussi réduits.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

	POIDS MORT.			POIDS ROULANT.		
	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e
	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Poutre n. 1..	0,0005	0,0007	0,0002	0,0005	0,0012	0,0000
— n. 2..	0,0005	0,0010	0,0010	0,0005	0,0020	0,0010
— n. 3..	0,0005	0,0005	0,0010	0,0005	0,0020	0,0005
— n. 4..	0,0005	0,0005	0,0002	0,0005	0,0010	0,0002
Les travées chargées isolément.						

OUVRAGE N° 53.

PASSAGE SUPÉRIEUR SUR LA ROUTE NATIONALE N° 186,
DE VERSAILLES A CHOISY-LE-ROI.

Ce pont est biais; l'ouverture droite est de 16^m,46. l'ouverture biaise est de 28^m,10.

L'ouvrage est composé de trois travées ; les deux travées extrêmes ont 6^m,90 d'ouverture, et la travée intermédiaire 13^m,80.

Les palées sont formées de colonnes en fonte de 0^m,40 de diamètre à la base, 0^m,35 au sommet, et présentant une épaisseur de 0^m,025.

PONTS MÉTALLIQUES DE LA GRANDE CEINTURE DE PARIS. 539
médiatrices, ont 0^m,400 de hauteur, et sont formées d'une
âme de 0^m,008 et de cornières de $\frac{90 \times 70}{10}$.

Les trottoirs sont supportés par des voûtes en briques de 0^m,11, dont les naissances s'appuient sur les cornières supérieures des entretoises. Les reins de ces voûtes sont garnis de béton et une couche d'asphalte de 0^m,03 recouvre le tout. Quant à la chaussée, elle repose sur des voûtes en briques de 0^m,11 d'épaisseur, dont les naissances s'appuient sur les cornières inférieures des entretoises.

Ces voûtes, dont les reins sont garnis de béton, sont recouvertes d'une couche d'asphalte de 0^m,03 qui amène les eaux pluviales, au moyen d'une pente ménagée à cet effet, jusqu'à la partie antérieure de la culée la plus basse.

La chaussée est pavée à droite et à gauche sur 2 mètres de largeur. Au milieu, et sur une largeur de 5 mètres, elle est empierrée.

Le poids de la partie métallique est de 102 000 kilogrammes, dont 71 000 kilogrammes pour les fers et 31 000 kilogrammes pour les fontes. La longueur totale des poutres étant de 32^m,60, et l'ouverture biaise entre les culées, de 28^m,10, le poids par mètre courant de la partie métallique est de 3 129 kilogrammes, et par mètre courant d'ouverture de 3 629 kilogrammes.

Les maçonneries des culées ont coûté 55 000 francs, les voûtes en briques et la chaussée 12 200 francs, et la partie métallique 41 200 francs. Le prix total de l'ouvrage est donc de 108 400 francs, soit par mètre courant de portée, 3 790 francs.

La partie métallique revient par mètre courant à 1 271 francs, et par mètre carré de surface couverte à 97 francs. Ce dernier prix s'élève à 127 francs lorsqu'il comprend les voûtes en briques et la chaussée.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches observées ont été de :

—

"

vée.

—

0004
0004
0004
0005
0005
0005
0005

—

La charge placée
sur la 2^e travée.

OUVRAGE N°

SUPÉRIEUR SUR LA R

(Pl. 15, *fig.* 26

et biais. L'ouverture
aise est de 104^m,35.
est composé de sept 1
12^m,67 d'ouverture, 1
°,204.

sont formées de colc
la base, de 0^m,30 a
de 0^m,03.

se reposent sur les
liaire de rouleaux de
nombre de deux pou
t en palier. Chaque p
rouleaux de dilatatio
culées, et au moyen
lilatation, sur l'autre
présente une largei

PONTS MÉTALLIQUES DE LA GRANDE CEINTURE DE PARIS. 541
garde-corps, dont 7 mètres pour la chaussée et 1^m,50 pour
chacun des trottoirs.

La hauteur verticale entre le dessus de la chaussée et le
dessous des poutres est de 1^m,05.

Le tablier métallique se compose de quatre poutres lon-
gitudinales, ayant chacune 106^m,17 de longueur; elles sont
espacées entre elles de 2^m,742 d'axe en axe et réunies par
des entretoises espacées elles-mêmes de 1^m,98.

Les deux poutres de rive ont 0^m,95 de hauteur; elles
sont formées d'une âme pleine de 0^m,010 d'épaisseur, de
cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$ et de semelles de 0^m,30 de largeur
sur 0^m,010 d'épaisseur.

Les deux poutres intermédiaires ont 0^m,700 de hauteur;
elles sont formées d'une âme pleine de 0^m,010 d'épaisseur,
de cornières de $\frac{100 \times 100}{11,5}$ et de semelles de 0^m,400 de lar-
geur sur 0^m,010 d'épaisseur.

Les entretoises ont 0^m,400 de hauteur et sont formées
d'une âme de 0^m,007 d'épaisseur et de cornières de $\frac{90 \times 70}{10}$

Les trottoirs sont supportés, partie par les voûtes en
briques et partie par des consoles correspondant à chaque
cours d'entretoises. Ces consoles sont réunies entre elles
par un fer en U de $\frac{250 \times 80}{10 \times 11}$, sur lequel s'attachent les
montants de garde-corps. Elles portent des fers à T de
 $\frac{100 \times 60}{8}$ dont les ailes reçoivent des briques à plat recou-
vertes des couches en béton et d'asphalte qui constituent
les trottoirs. La chaussée repose sur des voûtes en briques
de 0^m,11 d'épaisseur dont les naissances s'appuient sur les
cornières inférieures des entretoises.

Ces voûtes, dont les reins sont garnis de béton, sont
recouvertes d'une couche d'asphalte de 0^m,02.

POIDS MORT.							POIDS ROULANT.						
1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	6 ^e	7 ^e	1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	6 ^e	7 ^e
travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.	travée.
m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
0,0025	0,003	0,0025	0,003	0,0025	0,004	0,0025	0,002	0,0025	0,003	0,004	0,0045	0,0055	0,005
—	0,003	0,003	0,004	0,0055	0,003	0,005	0,002	0,005	0,0045	0,003	0,004	0,009	0,0035
—	0,0025	0,004	0,0055	0,0045	0,0045	0,005	0,003	0,0045	0,004	0,005	0,0045	0,004	0,004
—	0,002	0,004	0,005	0,0045	0,0055	0,006	0,002	0,003	0,0025	0,003	0,002	0,0055	0,004

Les travées chargées isolément.

Poutre n. 1..

— n. 2..

— n. 3..

— n. 4..

SER

ass
les
eint
liée
esca
ere
de
t ui
pite

ée
res
de :
acé
var
ix]
elle
pa.
r.

llis

ort
tre
es]
cer
e,
ten
ret

PONTS MÉTALLIQUES DE LA GRANDE CEINTURE DE PARIS. 545

sont formées d'une âme de 0^m,008 et de trois cornières de $\frac{60 \times 60}{7}$.

Les entretoises des escaliers ont 0^m,167 de hauteur et sont formées d'une âme de 0^m,008 et de cornières de $\frac{60 \times 60}{7}$.

Le platelage de la travée est formé de tôles striées de 0^m,006 d'épaisseur, rivées sur tout leur pourtour à la charpente métallique qui les supporte.

Quant aux escaliers, les marches sont formées de madiers de chêne de 0^m,05 d'épaisseur, rendus solidaires au moyen de contre-marches et reposant sur des équerres rivées contre les poutres.

Le poids de la partie métallique est de 25 000 kilogrammes, dont 22 000 kilogrammes pour les fers et 3 000 kilogrammes pour les fontes. Le développement de la passerelle, suivant l'axe, étant de 42^m,80, le poids par mètre courant de partie métallique est de 584 kilogrammes.

Les fondations et maçonneries ont coûté 2 000 francs, et la partie métallique 15 000 francs. Le prix total de l'ouvrage est donc de 17 000 francs, soit par mètre courant de développement 397 francs.

La partie métallique revient par mètre courant à 350 francs, et par mètre carré de surface couverte à 116 francs.

Ces prix ne comprennent pas la valeur des bois de chêne formant les marches et contre-marches des escaliers.

Épreuves. — Sous l'influence des charges d'épreuves, les flèches constatées ont été de :

		POIDS MORT.
		m.
Poutre de la travée	n. 1.	0,0042
—	n. 2.	0,0045
Poutres des escaliers	n. 1.	0,0008
	n. 2.	0,00125
	n. 3.	0,0015
	n. 4.	0,002

PASSAGES INFÉRIEURS A UNE TRAVÉE.

PORTÉE entre les points d'appui extrêmes	ÉPAISSEUR des tabliers.	HAUTEUR de la poutre hors cornières	RAPPORT	POIDS par mètre cou	DÉSIGNAT des type	NUMÉRO des ouvra

PASSAGES INFÉRIEURS A PLUSIEURS TRAVÉES.

PORTÉE		ÉPAISSEUR du tablier. E.	HAUTEUR de la poutre hors cornière. H.	RAPPORT $\frac{L}{H}$	POIDS par mètre courant.	DÉSIGNATION des types.	NUMÉROS des ouvrages.	NOMBRE de travées.
entre les points d'appui extrêmes. L.	des travées inter- médiaires. l.							
m. 22,30	m. 10,90	m. 0,65	m. 0,55	1/20	kil. 2 551	C	23	2 travées.
24,60	11,80	0,68	0,60	1/19	2 316	C	24	3 travées.
27,40	13,20	0,60	0,50	1/26	2 479	C	25	3 travées.

Les conclusions qui se dégagent du tableau précédent sont les suivantes :

Ponts ayant moins de 5 mètres d'ouverture.

1° Quand on ne manque pas de hauteur et que l'on est libre de donner au tablier l'épaisseur voulue (c'est-à-dire de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$ de la portée), on peut adopter le type A qui est un peu plus léger que le type B, mais qui pourrait l'être davantage si on simplifiait son mode de construction de façon à le rapprocher du type A'. Tel qu'il a été établi, il est relativement lourd, comparé au type B, ainsi qu'on le verra ci-après.

2° Quand, au contraire, on est obligé de réduire le plus possible l'épaisseur du tablier, c'est le type B qui est le seul pratique et économique. On voit en effet, par la comparaison des ouvrages n° 6 et 13, que ce type B ne présente qu'une augmentation de poids insignifiante sur le type A (47 kilogrammes par mètre courant), ce qui est loin d'être en rapport avec l'augmentation d'épaisseur que dernier comporte et qui varie presque du simple au double (0^m,365 au lieu de 0^m,680.)

3° Pour des portées plus considérables, cet avantage du type B sur le type A disparaîtrait. On ne peut, en effet, dans le premier système, élever le dessus des semelles des poutres longitudinales plus haut que le dessus des rails, parce que sans cela les bielles, manivelles ou excentriques de certaines machines pourraient se heurter sur ces semelles ou sur des obstacles qui s'y trouveraient. Cette considération limite donc la hauteur de la poutre; il se trouve que cette hauteur ainsi limitée suffit pour des ouvertures de 4 à 5 mètres; au delà, elle ne suffirait plus et il faudrait recourir au type B' ou C.

Le type B est donc en définitive très commode; il doit être préféré pour des portées inférieures à 5 mètres et toutes les fois qu'on est gêné par la hauteur dont on dispose pour l'ouvrage.

Il pourrait être amélioré en remplaçant le platelage en bois qu'il comporte, par un platelage en tôle striée, et la longrine de rive en bois qui porte le garde-corps par un fer en U posé de champ.

Ponts ayant plus de 5 mètres d'ouverture (sans sujétion de hauteur).

4° Pour des ouvertures supérieures à 5 mètres, c'est toujours le type A' qui présente le plus d'avantages, quand on peut donner au tablier toute l'épaisseur voulue ($\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$ de la portée).

Ce type A', outre qu'il est plus simple comme construction que le type A, a de plus l'avantage d'avoir un platelage en tôle striée. Ce plancher métallique est par le fait plus léger que le platelage en bois de chêne du type A, car il ne demande pas à être recouvert de ballast pour être protégé du feu des machines; il est d'ailleurs plus résistant,

l'ouverture de la travée centrale pour un pont à plusieurs travées.

On serait conduit aux mêmes remarques avec le type B'; seulement les limites qu'on vient d'indiquer seraient un peu reculées. Ainsi dans le cas d'un pont à une seule travée, les poutres devraient avoir une hauteur hors cornières au moins égale à $\frac{1}{27}$ et même $\frac{1}{30}$ à la rigueur, de leur portée. Donc tant que cette portée ne dépasserait pas 9 mètres environ, on pourrait réduire la hauteur de la poutre hors cornières à 0^m,30 et par suite l'épaisseur du tablier à 0^m,35.

On n'a pas construit sur le chemin de fer de grande ceinture de pont du type B' à plusieurs travées, et on n'a pas eu l'occasion de rechercher jusqu'à quelles limites on pourrait réduire l'épaisseur du tablier. Mais il est probable que le rapport $\frac{1}{30}$ indiqué pour les tabliers à une travée, pourrait être porté à $\frac{1}{40}$, et que tant que la travée centrale n'aurait pas une ouverture supérieure à 12 mètres, l'épaisseur du tablier pourrait être réduite à 0^m,35. — Au delà de 12 mètres cette épaisseur devrait être augmentée.

Comme on le voit l'emploi du type B' permet de gagner plusieurs centimètres sur le type C, pour l'épaisseur du tablier. Mais ce type est plus lourd que celui-ci, ainsi que le montre la comparaison des ouvrages n^{os} 20 et 16. Le type B' est d'ailleurs d'une construction et d'un entretien moins faciles; il ne permet pas d'établir la voie sur traverses ce qui est avantageux quand cette voie est en courbe. On devra donc employer le type C de préférence au type B toutes les fois qu'on le pourra.

Ponts ayant de 15 à 30 mètres d'ouverture de hauteur).

6° Au delà de 15 mètres d'ouverture supposant que l'on soit gêné par la hauteur adoptera l'une des trois solutions suivantes

Si l'on ne peut donner que très peu d'épaisseur le pont en arc à tympan rigide sera le plus commode puisqu'il permet de réduire à 0^m,35 pour des ouvertures allant jusqu'à cette limite, comme il faut toujours de

hors cornières une hauteur d'au moins $\frac{1}{60}$

de la semelle supérieure de cette poutre arriérée contre-haut du niveau du rail, ce qui est de 0^m,35. — Or il aurait fallu avec le type C' donner au tablier plus de 0^m,35. Malgré cela, on peut voir que pour de 21^m,60 et 28 mètres, cette épaisseur n'a été que de 0^m,51 et 0^m,57. — Ces dimensions, ramenées à la rigueur être ramenées, la première à 0^m,55. — Or il aurait fallu avec le type C' donner une épaisseur de 0^m,65 environ et avec le type B' une épaisseur de 0^m,60 à 0^m,70.

Le type C' permet donc de diminuer en comparaison des précédents l'épaisseur du tablier : il est économique, ainsi que cela résulte de la comparaison des ouvrages 24 et 25 d'une part et 32 d'autre part.

Ceci paraît en contradiction avec la conclusion tirée de la comparaison des ouvrages 24 et 25. Ces deux ponts ont sensiblement la même portée mais le premier ne pèse que 2351 kilogrammes par mètre courant alors que l'arc n° 31 pèse 2351 kilogrammes par mètre courant. Cette anomalie tient à ce que les entretoises des deux ouvrages ont été rapprochées outre mesure.

n'est en effet que de 0,60 tandis que dans le pont n° 23, l'écartement des pièces transversales est de 0,90.

Le type en arc C' a enfin l'avantage de n'exiger aucun point d'appui intermédiaire, condition qui est imposée quand on se trouve au-dessus d'un canal, comme au n° 31, ou sur une route importante dont on ne peut rétrécir la chaussée par des palées, comme c'est le cas au n° 32.

Par contre, il a l'inconvénient d'être beaucoup plus long à calculer, de ne donner près des naissances que des hauteurs libres insuffisantes et inadmissibles quand on se trouve, par exemple, au-dessus d'une voie ferrée, et enfin d'exiger des culées bien solidement assises, condition qui ne peut être obtenue si les fondations sont difficiles et incapables de résister aux poussées horizontales de l'arc.

7° Dans ces deux derniers cas, on adoptera, soit le type D si on est amené à sacrifier la question d'économie, soit plutôt le type C à plusieurs travées si on peut compter que les fondations exécutées dans des conditions moyennes, et sans trop de dépenses, peuvent tout au moins supporter des pressions verticales. En tous cas, la comparaison des ouvrages n°s 22, 23, 24, 25, 30 et 35 montre que le type D est plus lourd que le type C; ainsi le n° 25, qui a 27^m,40 d'ouverture, pèse moins que le n° 35 qui n'en a que 15^m,60, tout en n'exigeant qu'une épaisseur de tablier moins grande.

8° Aucune hésitation ne paraît possible entre les deux types D et D'. La comparaison faite entre les ouvrages n°s 36 et 38 montre que le premier pèse beaucoup plus que le second, quoiqu'il ait une portée sensiblement moindre (20^m,50 au lieu de 25 mètres), et une épaisseur de tablier plus grande (0^m,71 au lieu de 0^m,67).

Le type D' a d'ailleurs l'inconvénient de nécessiter pour l'entre-voie, une largeur d'au moins 3^m,40 au lieu de 2 mètres et par suite d'obliger à élargir les culées et les

remblais aux abords, ce qui n'est pas et ce qui tout au moins occasionne des dépenses. Il n'a qu'un avantage : c'est de pe l'épaisseur du tablier à 0^m,51, tandis on ne peut guère abaisser cette épaisseur à 0^m,67 ainsi que cela se présente dans On gagne donc une dizaine de centimètres d'une augmentation de dépense relative

Passages inférieurs à une

Il a été construit peu d'ouvrages de ce genre le chemin de fer de grande ceinture; ils ne sont pas l'objet de remarques spéciales, mais entre les différents types à deux voies A, B, C, etc., qu'on vient de faire plus haut, donnerait les mêmes résultats quant à l'avantage relatif que ces mêmes types, à une voie, peuvent présenter les uns sur les autres. Les poids par mètre courant seraient différents, cela va sans dire.

On se bornera seulement à faire remarquer que la différence de poids existant entre les nos 33 et 34 de ce que les montants de ce dernier ouvrage ont été forcés d'une façon exagérée.

Le type n° 33 paraît donc préférable.

Passages supérieurs.

Ces passages, au nombre de dix-sept, non compris les petits ouvrages de peu d'importance, peuvent se classer aux trois types ci-après :

Tous ont un platelage formé de voûtes en briques qui assure une rigidité plus grande au tablier et contribue à répartir plus uniformément les charges sur l'ensemble de la charpente métallique. Ce fait a été mis en évidence

des épreuves : les flèches observées ont été constamment moitié des flèches données par le calcul.

Type E. — Applicable à une largeur entre garde-corps de 4 à 5 mètres.

Dans ce système, le platelage est porté par l'intermédiaire d'entretoises sur deux grandes poutres de rive saillantes; tels sont les ouvrages n^{os} 39, 40, 41, 42 et 43.

Type F. — Applicable à des largeurs entre garde-corps, comprises entre 6 mètres et 10 mètres.

Dans ce système, le platelage est porté, par l'intermédiaire d'entretoises sur deux poutres de rive ne dépassant pas le niveau de la chaussée. Par ce fait, la portée de ces ponts est limitée ou doit être subdivisée en plusieurs travées; tels sont les ouvrages n^{os} 44 et 45.

Type G. — Applicable à toutes les largeurs entre garde-corps, supérieures à 10 mètres.

Le platelage est supporté par un certain nombre de poutres placées sous la chaussée. Deux poutres de rive sont disposées sous les trottoirs qui sont portés, partie par ces poutres et partie par des consoles; tels sont les ouvrages compris entre les n^{os} 46 et 54.

Les ouvrages établis d'après ces trois types présentent entre eux des différences résultant des quatre éléments suivants :

Portée des poutres. — Nombre et ouverture des travées. — Épaisseur du tablier. — Écartement des poutres sous trottoirs.

Afin de mieux apprécier ces différences, on a réuni ces ouvrages dans le tableau suivant :

Les largeurs entre garde-corps étant variables, ce n'est plus le poids du tablier par mètre courant qui peut être pris comme terme de comparaison; on est ainsi conduit à prendre le prix de revient de ces tabliers par mètre carré de surface.

PORTÉE		ÉPAISSEUR des tabliers. E	HAUTEUR de la poutre hors cornières H	RAPPORT. $\frac{L}{H}$	LARGEUR entre garde-corps.	ÉCARTEMENT des poutres longitudinales sous chaussées.	PRIX par mètre	DÉSIGNA- tion des typ	NUMÉRO des ouvra	de travées.
entre les points d'appui extrêmes. L.	des travées intermé- diaires. l.									
m.	m.	m.	m.		m.	m.	f.			
9,00	"	1,00	0,60	1/15	14,00	1,80	72	G	46	1 travée.
11,30	"	1,36	0,70	1/16	10,00	2,70	78	G	47	Id.
16,00	"	0,66	1,76	1/9	4,40	"	102	E	41	Id.
16,00	"	0,60	1,76	1/9	4,40	"	103	E	42	Id.
16,00	8,00	0,91	0,90	1/9	6,00	"	113	F	44	3 travées.
17,50	8,50	1,01	0,60	1/14	12,00	2,45	68	G	48	2 travées.
18,50	9,00	1,03	0,60	1/15	10,00	1,053	66	G	50	Id.
18,80	8,88	1,09	0,65	1/13	13,00	2,946	63	G	49	2 travées.
19,00	8,00	1,00	0,60	1/13	10,00	2,50	59			
	(plus une passe- relle de 3 mètr.)									
19,30	7,80	0,89	0,55	1/14	10,00	2,67	70			
20,00	"	0,69	2,10	1/9	4,35	"	110			
28,60	13,80	1,66	1,20	1/11	13,00	2,60	97			
34,10	11,70	1,08	1,00	1,12	10,00	"	115			
100,50	15,204	1,04	0,70	1,22	10,00	1,371	90			

Les conclusions qui se dégagent de la comparaison des éléments du tableau précédent sont les suivantes :

Ponts de 4 à 5 mètres de largeur entre garde-corps.

1° (Avec sujétion de hauteur). — La comparaison des ouvrages du type E avec tous ceux du type G, les premiers coûtent toujours de 102 à 110 francs par mètre carré, tandis que les seconds ne coûtent que 72 à 90 francs, suivant les portées.

Le type E a cependant des avantages : il n'a pas de cornières, et les tabliers sont en tôle d'acier.

qu'une épaisseur de tablier de 0^m,66, tandis que les types G exigent au moins 1 mètre; il peut présenter des portées d'une seule volée, de 16 à 20 mètres, sans exiger une augmentation de cette épaisseur, ni des points d'appui intermédiaires; il dégagera donc très bien la vue des voies dans les tranchées; il permet quelquefois de réduire les culées à très peu de chose; enfin, dans les gares, il peut être préféré, en raison de ce qu'il ne nécessite aucun point d'appui intermédiaire. C'est le cas par exemple du n° 40. Donc, en résumé, si ces différentes conditions sont obligatoires et si notamment on manque de hauteur, on adoptera le type E quoique plus lourd,

2° (Sans sujétion de hauteur.) — Dans le cas contraire, si on peut disposer d'une épaisseur de 1 mètre pour une portée de 8 mètres (1), le type G devra être préféré puisqu'il est plus économique, ainsi qu'on vient de le dire. On fera le tablier à une travée si son ouverture reste inférieure à 16 mètres. En effet, les passages supérieurs dont il est question ici sont établis sur des lignes de chemin de fer à double voie. Si donc leur ouverture dépasse 8 mètres, si elle atteint par exemple, 12 mètres, 14 mètres ou 15 mètres, on ne pourra la subdiviser en deux ou trois travées puisqu'il faudra toujours réserver une travée d'au moins 8 mètres (minimum réglementaire) pour le passage de deux voies. Si on fait le pont à deux travées égales, ou à trois travées dont une centrale de 8 mètres, on aura une ouverture totale de 16 mètres dans les deux cas. Donc, jusqu'à 16 mètres on sera obligé en appliquant le type G, d'établir le tablier à une seule travée; l'épaisseur de ce tablier qui serait de 1 mètre pour une ouverture de 8 mètres serait de 1^m,50 pour une de 16 mètres.

(*) Il est à remarquer que les passages supérieurs étant le plus souvent établis par dessus des voies ferrées, c'est presque toujours cette ouverture de 8 mètres qui est adoptée.

Si le pont n'était pas établi par-dessus une ligne à double voie, et si on était libre de disposer des palées intermédiaires, il faudrait évidemment agir différemment et ne pas établir un pont de 16 mètres d'une seule volée; on aurait intérêt, cela va sans dire, à partir d'une ouverture de 8 à 10 mètres à faire le pont à deux travées au moins.

Dès que l'ouverture d'un tablier à construire sur une ligne à double voie atteindra 16 mètres, il y aura également intérêt à la diviser en trois travées. La comparaison des ouvrages n^{os} 46 d'une part à 48, 49 et 50 d'autre part, montre de quelle importance sera l'économie à réaliser. Le pont n^o 46 qui n'a qu'une seule travée de 9 mètres d'ouverture coûte 72 francs par mètre carré, tandis que les trois autres dont les travées centrales ont des ouvertures de 9 mètres environ, ne reviennent qu'à 65 francs ou 68 francs au plus.

Ponts de plus de 5 mètres de largeur entre garde-corps.

La comparaison des ponts n^{os} 44 et 45 du type F avec les autres ponts du type G, montre que les premiers exigent tout autant d'épaisseur que les seconds (0^m,91 à 1^m,08), tout en coûtant cependant beaucoup plus cher, puisqu'ils reviennent de 113 à 115 francs le mètre carré, alors que les seconds ne reviennent qu'à 60, 65 et 90 francs.

Ce sera donc le type G qui devra être adopté et on le fera à une ou plusieurs travées ainsi qu'il est dit ci-dessus.

Les types F du reste, n'ont été adoptés qu'en raison de circonstances toutes particulières qui sont les suivantes :

Le n^o 44 devait être exécuté avec 4 mètres de largeur, suivant le type E. En cours d'exécution cette largeur fut portée à 6 mètres. On voulut alors utiliser le plus possible les maçonneries déjà faites et les fers du premier tablier. Le n^o 45 est établi à l'entrée de la gare de Palaiseau, au

milieu des voies de garage, d'appareils de changements et croisements de voie, par-dessus des quais à voyageurs. On a donc tenu à réduire le plus possible le nombre des colonnes en fonte qui le supportent. On n'en a mis que deux par palée, ce qui a forcé à n'avoir que deux grandes poutres de rive, au lieu de quatre ou cinq poutres sous chaussée.

OBSERVATIONS SUR LES PRIX DE REVIENT DES MAÇONNERIES DES TABLIERS MÉTALLIQUES.

Il y a peu de chose à dire sur cette question.

On se bornera à faire remarquer que partout où l'on a pu, on a adopté le type des culées avec murs en aile, en prolongement du parement des culées.

Le type avec murs en retour nécessite en effet des chaînes d'angle en pierre de taille, des plinthes ou bandeaux de couronnement de 0^m,40 au moins d'épaisseur.

Le type adopté, au contraire, ne comporte pas de chaînes d'angle, et au lieu de la plinthe, il ne nécessite qu'une tablette de 0^m,15 au plus d'épaisseur sur les rampants.

Le prix des culées adoptées varie évidemment suivant le cas et les fondations.

Le prix minimum est de 12 000 francs pour les passages inférieurs à poutres droites, tels que les n^{os} 1 et 24. Le prix maximum est de 45 000 francs, comme à l'ouvrage n^o 37. Pour les ponts en arc, le prix des culées varie entre 15 000 et 35 000 francs.

Pour les passages supérieurs, on peut réduire le prix des culées à 5 350 francs, comme au n^o 39, si on peut reporter celles-ci à la crête même de la tranchée. C'est une solution avantageuse.

Si cela n'est pas possible, le prix des culées peut, suivant le cas, varier entre 6 000 et 55 000 francs, suivant les largeurs de ces culées, leur hauteur, les sujétions avec

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

adû les exécuter et les difficultés des fonda-

nt, on peut donner encore une indication

ouvrage doit être établi sous des voies en
es sujétions d'exécution deviennent alors très
it exécuter les culées par petites parties dans
lés, glisser les tabliers métalliques sous les
éter le passage des trains. Dans ces condi-
ge coûte au moins trois fois et même trois
plus cher.

vrier 1883.

CHRONIQUE.

(Mai 1883.)

N° 25

ACADÉMIE DES SCIENCES.

PRIX DÉCERNÉS POUR L'ANNÉE 1882.

Dans sa séance publique annuelle du 2 avril 1883, l'Académie a décerné :

1° Le prix *Dalmont* à M. Georges LEMOINE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, pour l'ensemble de ses travaux de chimie et pour sa participation, comme collaborateur de Belgrand, aux études hydrologiques du bassin de la Seine, études à la continuation desquelles il reste attaché;

2° Le prix de *Statistique* à M. CHEYSSON, Ingénieur en chef, Directeur du dépôt des cartes et plans au Ministère des Travaux Publics, pour deux publications remarquables à des titres différents : le *Bulletin du Ministère des Travaux Publics* et l'*Album de statistique graphique*.

N° 26

NOTE

SUR

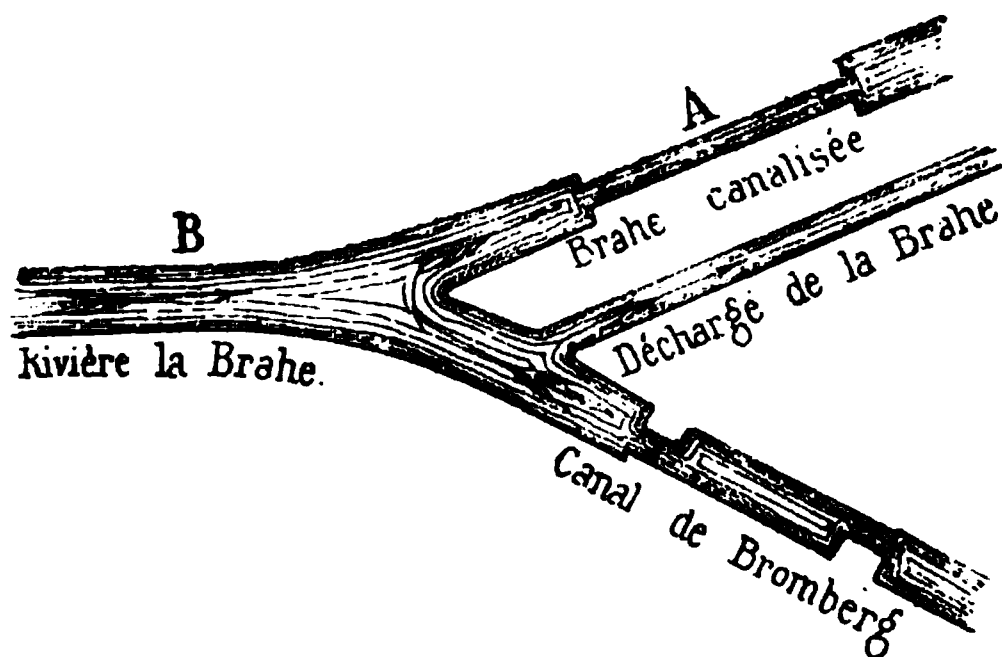
UNE ÉCLUSE CONSTRUITE A BROMBERG

Par M. FLAMANT, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

On exécute en ce moment à Bromberg (Allemagne) une écluse dont les dispositions intéresseront peut-être les lecteurs des *Annales*.

Bromberg est situé sur la Brahe canalisée, affluent de la Vistule. Dans l'intérieur de la ville, vient se souder à la Brahe le canal de Bromberg, construit sous le règne de Frédéric II, qui est à point de partage et qui réunit la Brahe à la Netze canalisée, dont les eaux se rendent, par la Warthe, à l'Oder. Ce canal, dont le bief de partage est alimenté par les eaux de la Netze supérieure, qui y sont amenées par une rigole navigable, dessert un important trafic de bois, venant de la Vistule supérieure et se rendant, par l'Oder, le canal Finow, la Havel et la Sprée, jusqu'à Berlin.

Il s'embranchait sur la Brahe, au milieu de la ville de Bromberg, suivant une direction oblique des plus incommodes pour la circu-

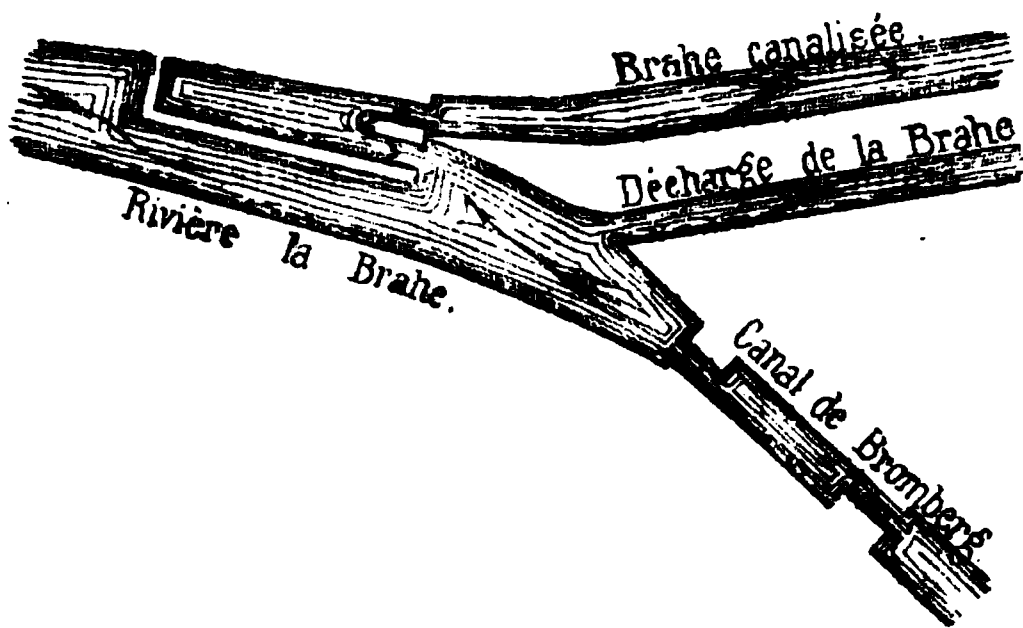


lation des bateaux et des trains de bois, et figurée par le croquis ci-contre. La première écluse A, de la Brahe, en fort mauvais état, devrait être reconstruite, et il était difficile, eu égard aux

constructions établies le long de la rivière et du canal, de modifier notablement leurs directions respectives.

Dans ces conditions, les ingénieurs allemands ont eu l'idée de construire la nouvelle écluse, destinée à remplacer l'écluse A, à l'intersection même du canal et de la Brahe, au point B, en plaçant les deux portes sur la même tête, ce qui forme une écluse à rebroussement ainsi qu'on le voit sur le second croquis ci-dessous.

D'après la disposition de cette écluse, les bateaux qui y entrent directement en sortent le gouvernail en avant; mais cela n'est pas un inconvénient pour la navigation qu'elle est appelée à desservir, qui consiste surtout en trains de bois.



Cette écluse sera exécutée dans d'excellentes conditions. Le remplissage et la vidange se feront au moyen de vannes tubes, levant verticalement et placées dans les bajoyers. Elle doit être construite entièrement en briques, à l'exception des chardonnets, etc., qui seront en magnifique granit de Silésie.

L'installation du chantier, au point de vue de la fabrication du mortier, des épaissements, etc., est parfaitement entendue et présente plusieurs dispositions ingénieuses. Eu égard à la position choisie pour l'emplacement de la nouvelle écluse, sa reconstruction se fait sans interrompre la navigation.

Le sas pourra recevoir deux bateaux, ou 80 mètres de longueur de train de bois, comme toutes les écluses du canal de Bromberg, qui sont d'ailleurs disposées, ainsi qu'on peut le voir sur le croquis, de manière que le bateau entré le premier sorte aussi le premier.

Paris, le 20 avril 1883.

(N° 27)

AMARRAGE DES NAVIRES

Note par M. P. ALEXANDRE, Ingénieur des Ponts.

On emploie généralement dans nos ports deux : pour l'amarrage des navires : les organeaux, ou boucs en fer, et les canons d'amarre en fonte, bois ou pierre.

Les organeaux présentent de graves inconvénients : ces engins, établis à 1 mètre ou 1^m,50 en contre-bas des quais, pour offrir une résistance suffisante, sont noyés et, par suite, inaccessibles en grandes vagues, les ports à marée. D'autre part, on ne peut les atteindre par canot ; un homme à terre est dans l'impossibilité de les amarrer ou de les larguer. En outre, les organeaux sont dangereux pendant la nuit, ce qui est une gêne pour les navires qui prennent place à quai.

Les canons d'amarre sont exempts de ces inconvénients et ont d'autres. Comme ils sont forcément placés à une certaine distance de l'arête du quai (1^m,50 au moins), les amarrages forment un obstacle à la circulation publique. Veut-on établir une voie ferrée le long du quai, il faut la reporter en arrière, perdre ainsi une certaine zone du terre-plein, soit que la voie présente une largeur déjà trop restreinte. Si la voie est destinée à la circulation de grues, leur flèche doit être élevée pour atteindre les panneaux des navires, en raison de la distance des rails à l'arête du quai.

Les poteaux d'amarrage anglais dits « bollards, » maintenant couramment employés chez nos voisins, sont, au point de vue de la circulation le long des quais et de l'établissement de voies ferrées, presque aussi avantageux que les organeaux. Quant au vue de l'amarrage des navires, ils offrent autant de facilités que les canons, et même plus dans certains cas, où il est possible de lancer l'amarre en lançant un nœud du bord.

Les bollards se composent d'une sorte de colonne en

fonte, de 0^m,45 de hauteur, dont la base, formée d'un bâti de 1^m,50 de longueur sur 0^m,60 de largeur et 0^m,30 d'épaisseur maximum, occupe la place d'une pierre de couronnement du quai. Ce bâti est ancré dans le mur par quatre boulons en fer de 2^m,25 de longueur et de 0^m,05 de diamètre, inclinés de 15 degrés environ sur la verticale, et munis à leur extrémité inférieure d'une petite plaque de fonte de 0^m,25 de diamètre, retenue par une clavette.

Le bollard n'est relié aux boulons de scellement que par des écrous ; il serait donc facile de le remplacer, en cas d'avaries, à la suite d'un choc par exemple. Quant aux boulons, leur rupture ne paraît guère à redouter, si l'on compare la section de résistance d'un seul d'entre eux à celle des chaînes au moyen desquelles on amarre les plus forts navires.

Au nouveau bassin à flot de Dieppe, où les murs de quai sont construits en béton avec un simple parement en briques, on a renforcé l'épaisseur du mur en supprimant la dernière retraite de 0^m,50 sur 2 mètres de longueur, au droit de chaque bollard.

Pour les poser il a été procédé de la manière suivante :

Le mur était élevé jusqu'au niveau du dessous de l'assise de couronnement, et l'on réservait, dans l'emplacement de chaque bollard et en arrière du parement, à l'aide d'un coffrage provisoire en planches, un vide en forme de queue d'aronde, ayant 2 mètres de hauteur, 1^m,75 de largeur et 1 mètre de longueur mesurée suivant la direction du quai. On disposait le bollard dans sa position définitive, en faisant reposer la partie antérieure du bâti sur le parement du mur, et la partie postérieure sur des madriers. Le vide une fois rempli de béton, les madriers étaient enlevés. Quelques jours après, le bollard faisait corps avec le massif de béton fraîchement coulé et avec le mur lui-même.

Le prix de revient des bollards est peu différent de celui des canons d'amarre en fonte de grandes dimensions, employés dans les ports maritimes.

Il peut s'établir ainsi qu'il suit :

930 kilogrammes de fonte pour le corps du bollard et les quatre petites plaques aux extrémités des boulons, à 0^f,28 le kilogramme.

..... 250^f,40

155 kilogrammes de fer forgé pour boulons de scellement, à 0^f,70 le kilogramme. 108 50

Frais de modèle, encoffrement pour réserve du massif de maçonneries, bardage, mise en place, peinturage, etc,

environ. , 61 10

Total. 420^f,00

On ne saurait trop recommander l'emploi de ces engins dans les bassins à flot et sur les fleuves.

Dans les avant-ports, où la houle est considérable, il est à redouter que les amarres ne puissent décapeler pendant une oscillation du navire. L'expérience qui vient d'être faite à Tréport, dans un avant-port très agité, montrera si cette crainte est fondée.

Dieppe, le 28 mars 1883.

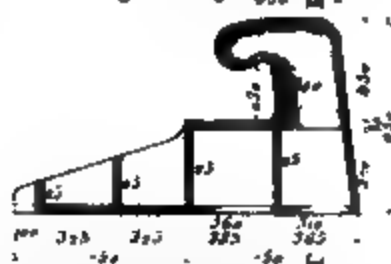
AMARRAGE DES NAVIRES

May 1883

A Fig. 1 Coupe élévation



A Fig 3 Comp AB



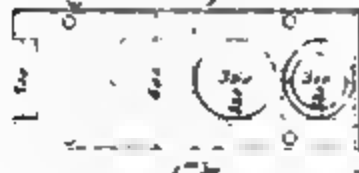
4 Fig 4 *Empo* CD



B Fig 6 *Boulton*



A Fig 5. Plan of the house



A net of a cube. It consists of six squares. The central square is divided into a 3x3 grid of smaller squares. This central square is flanked by two squares on its left and right sides. Above and below the central square are two more squares, each attached to the top and bottom edges of the central square's 3x3 grid.

Échelle de 1^{er} et 2^{es} pour 1^{er} et 2^e

Échelle de 100 p. pour 1^{re} an

inoltre del fatto che l'haucere

Grass par. N. Forest

N° 28

MÉMOIRE

SUR

LA PORTÉE DES SONS

ET

SUR LES CARACTÈRES A ATTRIBUER AUX SIGNAUX SONORES

Par M. E. ALLARD, Inspecteur général des Ponts et Chaussées,
Directeur du service central des phares et balises.

EXPOSÉ.

Les signaux sonores au moyen desquels on supplée à l'insuffisance des signaux lumineux, pendant les temps de brume, sont aujourd'hui très fréquemment employés sur les côtes. On utilise souvent les cloches sonnées à la main ou par un appareil mécanique ; on a également recours aux sifflets à vapeur ; on a essayé les canons et en général les matières explosibles ; et enfin les trompettes à vibreur ou à sirène, actionnées par l'air comprimé ou par la vapeur, sont maintenant considérées comme donnant les meilleurs résultats. Les Américains du Nord ont sur leurs côtes, non compris les cloches, plus de soixante signaux sonores, dont près de trente trompettes. En Angleterre il y en a également un grand nombre. Nous en avons jusqu'à présent beaucoup moins sur le littoral de la France, et cela tient à cette circonstance avantageuse que, nos côtes étant bien moins embrumées, le besoin de ces signaux sonores ne

s'est pas fait aussi vivement sentir. Outre les cloches mues à bras d'homme, nous avons six cloches sonnées mécaniquement et cinq trompettes à vapeur. Mais la loi du 3 avril dernier, relative à l'éclairage des côtes, a autorisé l'exécution de vingt nouvelles trompettes à vapeur, qui ne tarderont pas à être installées.

Pour bien apprécier les services que peuvent rendre ces nouveaux engins, il faut connaître la portée des sons qu'ils produisent, c'est-à-dire la distance à laquelle on peut les entendre, suivant les différentes circonstances dans lesquelles on se trouve. Cette portée dépend de plusieurs éléments, comme l'intensité et la hauteur du son, l'état de l'atmosphère, la direction du vent, la direction du corps sonore, la sensibilité de l'oreille de l'observateur. J'essayerai plus loin d'établir une formule qui lie la portée à ces différents éléments; mais il faut d'abord recueillir les renseignements fournis par des observations pratiques.

Les expériences sur la portée des sons ne sont pas nombreuses; elles sont en général difficiles à organiser, parce qu'il faut pouvoir se transporter à de grandes distances et dans différentes directions. Celles dont j'ai eu connaissance sont les suivantes :

Expériences françaises, faites à Boulogne-sur-Mer en 1861-1862, par les ingénieurs du service maritime, sur des cloches sonnées mécaniquement.

Expériences anglaises, faites à Douvres en 1873, par la corporation de Trinity House, avec l'assistance du professeur Tyndall, sur les trompettes à vapeur et autres instruments sonores.

Expériences américaines, faites aux environs de New-York, principalement en 1874 et 1875, sur des trompettes et des sifflets à vapeur.

Expériences allemandes, faites à l'embouchure de l'Elbe en 1880, sur des cornets de brouillard mus à bras d'homme.

Je vais faire connaître, pour chacune de ces séries d'expériences, les résultats qui ont été obtenus et les conséquences qu'on peut en déduire.

EXPÉRIENCES FRANÇAISES.

En 1861, MM. Legros et S.-A. Allard, qui étaient alors ingénieur en chef et ingénieur ordinaire du service maritime dans le département du Pas-de-Calais, furent chargés d'étudier, à Boulogne-sur-Mer, la portée du son des cloches, en employant ou non un réflecteur, et en faisant varier le poids de la cloche, celui du marteau, ainsi que le nombre de coups frappés par minute.

Les sonneries étaient placées sur l'extrémité de la jetée sud-ouest du port, et voici comment les opérations étaient conduites. On faisait d'abord marcher la sonnerie la moins intense. Un bateau s'éloignait en mer dans une direction déterminée. Lorsque l'observateur du bateau n'entendait plus le son que faiblement, il hissait un pavillon. Deux opérateurs munis de théodolites et placés dans les falaises de part et d'autre de la jetée suivaient alors le bateau dans les lunettes de leurs instruments. Au moment où le son cessait d'être perçu dans le bateau, le pavillon était amené, les deux opérateurs fixaient les lunettes et lisaient l'angle indiqué par l'instrument. En même temps on arrêtait la première sonnerie et l'on mettait en marche celle dont l'intensité était immédiatement supérieure. Le bateau continuait à s'éloigner dans la même direction et procédait de la même manière que dans le premier cas. On passait alors aux sonneries suivantes. Après quoi la première sonnerie était remise en marche, le bateau se rapprochait jusqu'à ce que le son redevînt très distinct pour l'observateur, puis il recommençait à s'éloigner dans une autre direction, et la même série d'opérations se renouvelait. On a consacré à ces expériences treize journées convenablement choisies,

pendant les années 1861 et 1862, et c'est au moyen des points ainsi déterminés qu'on a pu tracer, pour chaque sonnerie, des courbes continues représentant la limite des portées dans les différentes directions. Les tableaux n^{os} 1, 2 et 3 donnés ci-après font connaître les résultats mesurés sur ces courbes, dans des directions espacées de $22^{\circ} \frac{1}{2}$ ou d'un quart d'angle droit. La direction du vent était d'ailleurs notée au moment de chaque observation; elle est indiquée dans ces tableaux. Deux colonnes font connaître l'angle de la direction dans laquelle s'éloignait le bateau de l'observateur, d'une part, avec l'axe du réflecteur placé au nord-ouest, de l'autre, avec la direction vers laquelle allait le vent. Les portées observées sont données en kilomètres dans les colonnes suivantes.

J'ai d'abord cherché à conclure de ces expériences la loi suivant laquelle la direction du vent modifie la portée du son. Les portées obtenues dans les différentes directions ont été exprimées en prenant pour unité celle qui correspond au vent de travers, c'est-à-dire au vent faisant un angle de 90 degrés avec la direction de l'observateur, et, afin d'écarter l'influence du réflecteur, ce calcul a été seulement appliqué aux cloches sans réflecteur ou à celles dont le réflecteur mobile était constamment dirigé vers l'observateur, comme dans les expériences n^{os} 9 à 13. Ces valeurs proportionnelles des portées sont indiquées dans une colonne des trois premiers tableaux. Le tableau n^o 4 les reproduit, en remplaçant par une seule moyenne les valeurs qui, dans la même expérience, correspondent à un même angle. Il ne s'applique qu'à neuf expériences sur les treize qui ont été faites. Les quatre autres ont été laissées de côté; deux, portant les n^{os} 10 et 13, ne contiennent que quatre directions, parmi lesquelles ne figure pas celle de 90 degrés qu'il aurait fallu prendre pour unité; les deux autres, n^{os} 3 et 5, présentent des anomalies qui ne permettent pas de les utiliser pour le calcul actuel, et qui consistent en ce que la

portée contre le vent est légèrement plus grande que celle dans le sens du vent, la force du vent étant d'ailleurs très faible. Ce résultat est peut-être dû à un changement dans l'état de l'atmosphère, ainsi que je l'indiquerai plus loin.

En prenant les moyennes des différents chiffres inscrits dans le tableau n° 4, on trouve, pour les valeurs proportionnelles des portées dans les directions variant d'un quart d'angle droit, depuis la direction dans laquelle va le vent jusqu'à celle qui lui est diamétralement contraire :

2,06 1,83 1,54 1,27 1,00 0,85 0,74 0,62 0,49.

La formule qui paraît le mieux convenir pour représenter ces valeurs est :

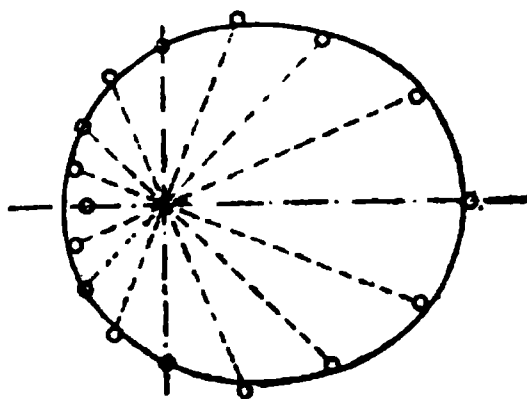
$$\rho = \frac{1}{1 - 0,5 \cos \omega},$$

ω étant l'angle avec la direction du vent. Cette formule donne en effet, pour les mêmes angles que ci-dessus, les résultats suivants :

2,00 1,86 1,55 1,24 1,00 0,84 0,74 0,68 0,67.

Les valeurs extrêmes sont celles qui s'accordent le moins bien; mais on peut voir sur le tableau n° 4 qu'elles ont été obtenues au moyen d'un petit nombre de chiffres et sont par conséquent plus incertaines que les autres. La figure n° 1 représente la courbe qui correspond à la for-

Fig. 1.



Action du vent
sur la portée d'une cloche.
(Tableau n° 4.)

mule et qui est une ellipse; elle indique les différentes directions, les points qui résument.

On peut conclure des chiffres précédents que la portée dans le sens du vent est triple de celle qui correspond au vent contraire. Mais ce rapport ne s'applique qu'aux circonstances dans lesquelles ont été faites les expériences, c'est-à-dire pour des vents compris entre petite brise et forte brise, ou dont la vitesse ne dépasse pas 10 mètres environ par seconde.

La vitesse du vent a en effet une influence sur les coefficients de la portée. Si dans le tableau n° 4 on prend, pour différentes directions, la moyenne des coefficients qui correspondent aux trois désignations de petite, bonne et forte brise, on forme le tableau n° 5, et l'on reconnaît facilement que, pour les trois directions de vents favorables, le coefficient de la portée va en augmentant à mesure que la force du vent augmente, tandis que, pour les vents contraires, ce coefficient va en général en diminuant. Cet accroissement de la portée du son dans le sens du vent, à mesure que la vitesse du vent augmente, ne doit pas avoir lieu pour toutes les vitesses, car les vents violents ne paraissent pas favorables à la propagation du son; il est probable qu'il y a un maximum de portée pour une certaine vitesse du vent au delà de laquelle le phénomène change de sens. On verra d'ailleurs plus loin que les expériences allemandes ne confirment pas ce qui vient d'être dit sur l'accroissement de la portée.

Pour étudier l'action du réflecteur dans les différentes directions, il suffit de comparer entre elles les portées obtenues avec ou sans réflecteur pour les mêmes circonstances de sonnerie et de vent. Une des colonnes des tableaux n° 1 et 2 contient le rapport moyen des portées obtenues avec réflecteur à celles qui l'ont été sans réflecteur. Le tableau n° 3 n'a pu concourir à la détermination des

coefficients que nous cherchons, puisqu'il ne contient pas d'expériences faites sur une même cloche avec et sans réflecteur. En réunissant dans le tableau n° 6 les résultats obtenus et calculant les moyennes des chiffres correspondant au même angle avec l'axe du réflecteur, on trouve pour les coefficients relatifs aux angles variant de quart en quart d'angle droit, depuis 0 jusqu'à $112^{\circ} 1/2$:

1,58 1,47 1,32 1,17 0,99 0,94 " " ».

On n'a pas d'observation au delà de $112^{\circ} 1/2$. Ces coefficients peuvent être représentés par la formule empirique :

$$p = \frac{1}{1 - 0,36 \cos \omega}$$

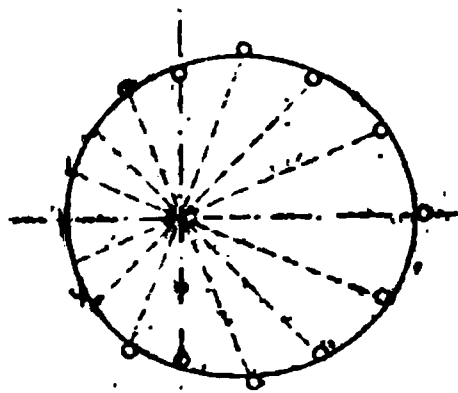
qui donne, pour les mêmes angles que ci-dessus et pour les suivants jusqu'à 180 degrés :

1,56 1,49 1,34 1,16 1,00 0,88 0,80 0,75 0,74.

La portée dans l'axe du réflecteur est donc un peu plus que les $\frac{3}{2}$ de celle qui est relative à la direction opposée.

La figure 2 représente la courbe qui correspond à la

Fig. 2.



Action d'un réflecteur
sur la portée d'une cloche.
(Tableau n° 6.)

formule, ainsi que les différents points résultant de l'observation.

Les formules qui viennent d'être obtenues, et qui représentent l'influence du vent ou d'un réflecteur sur la portée des sons, peuvent servir à résoudre une question pratique importante, celle de la direction qu'il faut donner à l'axe d'un réflecteur suivant la direction du vent. Si θ représente l'angle de l'axe du réflecteur avec le vent, la courbe des portées des sons sous la double influence du vent et du réflecteur aura pour équation polaire :

$$\rho = \frac{1}{1 - 0,50 \cos \omega} \times \frac{1}{1 - 0,36 \cos (\omega - \theta)}.$$

En donnant à θ différentes valeurs et construisant les courbes correspondantes, on peut choisir celle qui, eu égard aux circonstances locales, remplit le mieux possible le but qu'on se propose. Cette question pourrait d'ailleurs être traitée analytiquement et conduirait à des résultats intéressants.

Après avoir étudié l'influence du vent et celle d'un réflecteur sur la portée des sons, il reste à déterminer la valeur moyenne de cette portée, par temps calme et sans réflecteur, pour chacune des sonneries qui ont été expérimentées à Boulogne. Cette moyenne pourrait être obtenue en prenant, dans les colonnes des portées sans réflecteur, celles qui correspondent à un angle de 90 degrés avec la direction du vent. Mais il vaut mieux faire intervenir dans cette détermination les résultats des mesures prises dans toutes les directions, et pour cela il faut diviser les différentes portées observées par le coefficient ρ de la direction correspondante, en le calculant par la formule

$$\rho = \frac{1}{1 - 0,50 \cos \omega}.$$

Les résultats de ces divisions sont indiqués dans les dernières colonnes des tableaux n° 1, 2 et 3 ; en en prenant la moyenne, on a la portée de la sonnerie pour l'expérience dont on s'occupe. Si l'on réunit ensuite ces différents

résultats dans le tableau n° 7, on obtient pour chaque sonnerie les portées moyennes suivantes :

		kilom.
Petite cloche de 98 kilogrammes frappée par un marteau de . . .	2 ^{kg} ,5, 15 fois par minute	1,21
	2 ^{kg} ,5, 25 —————	1,37
	5 ^{kg} ,0, 25 —————	1,89
	7 ^{kg} ,5, 25 —————	2,88
Grosse cloche de 227 kilogrammes frappée par un marteau de . . .	5 ^{kg} ,0, 60 —————	1,96
	9 ^{kg} ,0, 60 —————	3,04

Le travail dépensé pour produire ces différents sons est facile à calculer. Le centre de gravité du marteau parcourait, dans les expériences de Boulogne, un arc de cercle de 0^m,20 de longueur, dont la projection verticale était de 0^m,12. En multipliant cette hauteur de 0^m,12 par le poids du marteau et par le nombre de coups, et divisant par 60, on obtient le travail produit sur la cloche. En divisant ensuite les résultats par le coefficient de rendement, qu'on peut supposer égal à 0,75, on trouve les nombres suivants, qui représentent le travail moteur en kilogrammètres par seconde ;

0,10 0,17 0,33 0,50 0,80 1,44.

Quant à la hauteur du son, on peut admettre que la petite cloche faisait 800 vibrations par seconde et la grosse 600 environ.

EXPÉRIENCES ANGLAISES.

Ces expériences ont été faites en 1873, près de Douvres, par la corporation de Trinity House, avec la coopération de M. Tyndall. Elles ont porté sur divers instruments sonores : sifflets à vapeur, canons, trompettes à vibreur, trompettes à sirène. Ces instruments étaient établis sur la côte, et les résultats étaient observés au moyen d'un bateau à vapeur qui s'éloignait en mer. Le principal but était de

comparer entre eux les effets produits, et de constater la valeur relative des différents appareils sonores; la véritable limite à laquelle les sons ont cessé d'être entendus n'est pas toujours indiquée. La plupart des observations ont été faites dans une direction peu éloignée de l'axe des trompettes. Lorsque la direction du vent est indiquée, ce n'est que par une des désignations : *favorable, de travers* ou *contraire*.

Le tableau n° 8 réunit les chiffres de portées qui ont pu être recueillis dans le compte rendu des expériences, pour les trompettes à vibreur ou à sirène et pour les sifflets. En prenant la moyenne de ces chiffres, on trouve les portées suivantes :

Pour la trompette à vibreur, par vent favorable 6 milles $\frac{3}{10}$, par vent de travers 4 milles, par vent contraire

2 milles $\frac{5}{10}$; portée moyenne, 4 milles $\frac{3}{10}$ ou 7^{km},96.

Pour la trompette à sirène, par vent favorable 7 milles $\frac{5}{10}$, par vent contraire 2 milles $\frac{7}{10}$; portée moyenne,

de 5 milles $\frac{1}{10}$ ou 9^{km},44.

Pour le sifflet, il y a très peu de chiffres indiqués dans les comptes rendus; on se borne souvent à dire que la portée est inférieure à celle de la trompette ordinaire; la portée moyenne peut être fixée à 2 milles $\frac{7}{10}$ ou 5 kilomètres.

Les comptes rendus des expériences ne contiennent pas de renseignements suffisants pour qu'on puisse calculer le travail dépensé par chaque instrument sonore. Quant à la hauteur du son, elle est indiquée pour la sirène seulement. Le nombre de vibrations par seconde était de 360 au commencement des expériences; il a été porté à 400 et même à 480. On peut fixer la moyenne à 400.

C'est pendant le cours de ces expériences de Douvres que M. Tyndall a cru reconnaître la propriété qu'aurait l'atmosphère de présenter, suivant les cas, des conditions plus ou moins favorables à la transmission du son, et il a admis que la transparence acoustique de l'air, suivant son expression, pouvait varier entre des limites très étendues.

M. Tyndall cite la journée du 3 juillet pendant laquelle, à 2 milles de distance, aucun son ne fut entendu, pas même celui du canon. Il faisait un temps calme, et le soleil était très chaud. M. Tyndall supposa que l'évaporation invisible de la mer se mêlait à l'atmosphère en formant un mélange non homogène. « Je pense, dit-il, qu'on aurait pu découper l'atmosphère en petits espaces dans lesquels l'air serait à différents états de saturation, ou même serait remplacé par de la vapeur. Les surfaces invisibles limitant ces espaces constituent les conditions nécessaires à la production d'échos partiels et, par suite, à la destruction du son. » L'expérience parut vérifier cette hypothèse, car quelque temps après, le soleil ayant été masqué par un nuage, le son fut entendu aux mêmes distances que les jours précédents, ce qu'on ne peut expliquer qu'en admettant que, l'évaporation de la mer ayant cessé, l'air était devenu homogène. M. Tyndall trouve, d'ailleurs, une autre confirmation de son idée dans ce fait, qu'étant revenu à terre et s'étant placé sur le rivage à quelque distance des instruments sonores, il entendit distinctement un écho venant du large, alors que la mer était lisse et dépourvue de navires, et qu'il y avait ni nuage, ni aucun objet visible pouvant produire l'effet observé. Il attribua cet écho aux réflexions du son sur les parties non homogènes de l'atmosphère formant, suivant son expression, un nuage acoustique.

Nous verrons que les observations faites en Amérique confirment, sinon l'explication de M. Tyndall, du moins la réalité et la généralité du fait qu'il a observé, et qui consiste

dans la variation de ce qu'il appelle la transparence acoustique de l'air. C'est cette variation qui peut expliquer les anomalies que présentent assez souvent les expériences sur la portée du son, et dont j'ai déjà signalé quelques exemples dans l'étude des observations faites à Boulogne.

Lorsque j'essayerai, plus loin, d'établir une formule relative à la portée des sons, je ferai voir que, pour expliquer les faits, il est indispensable d'attribuer à l'atmosphère un coefficient de transparence acoustique, qui varie, suivant les circonstances, d'une manière encore mal définie. Pour la transparence lumineuse, on n'a jamais douté qu'elle ne fût variable, car l'organe de la vue nous avertit immédiatement lorsque cette transparence descend au-dessous d'une certaine limite où commence la brume. Mais pour la transparence acoustique, il est difficile d'en reconnaître les variations, et il faut pour cela des expériences convenablement organisées. M. Tyndall semble admettre que la transparence optique correspond à l'opacité acoustique et réciproquement, de sorte que les temps de brouillard seraient très favorables à la transmission des signaux sonores.

EXPÉRIENCES AMÉRICAINES.

Les rapports annuels présentés par le Service des phares des États-Unis pour les années 1874 et 1875 contiennent les comptes rendus d'expériences faites, principalement par M. le président Henry, pour comparer les effets produits par différents instruments sonores. Les observations recueillies sur ce sujet en 1865, 1867 et 1871, contiennent trop peu de résultats numériques pour qu'on puisse rien en déduire. En septembre 1874, des expériences plus complètes furent entreprises au phare flottant de Sandy Hook, à l'entrée de la baie de New-York, avec deux bateaux à vapeur, qui s'éloignaient l'un sous le vent, l'autre contre le vent, jusqu'à ce que le sifflet de leur machine ne fût

plus entendu des observateurs, stationnant sur la phare flottant. Six essais furent faits ; cinq donnèrent en moyenne, pour portée d'un sifflet avec vent favorable, 3 milles $\frac{8}{10}$ et, avec vent contraire, 1 mille $\frac{8}{10}$, ce qui conduit à une moyenne générale de 2 milles $\frac{8}{10}$. L'autre essai donna une portée plus grande par vent contraire que par vent favorable, ce qui peut s'expliquer soit par une modification dans la transparence acoustique de l'air, suivant l'hypothèse de M. Tyndall, soit par un changement de la direction du vent dans les couches un peu plus élevées de l'atmosphère, conformément aux idées de M. Henry.

En août et septembre 1875, d'autres expériences furent faites à Block Island, principalement pour constater l'influence du vent sur la portée des sons. Les résultats obtenus dans différentes directions pour les sifflets de bateau à vapeur sont donnés dans le tableau n° 9. On en déduit, pour les directions faisant avec le vent des angles variant de 45 en 45 degrés depuis 0 jusqu'à 180 degrés, les portées moyennes suivantes en milles marins :

$$5 \frac{7}{10} \quad 5 \frac{6}{10} \quad 2 \frac{2}{10} \quad 1 \frac{7}{10} \quad 1 \frac{2}{10}.$$

La moyenne générale de ces nombres est 2 milles $\frac{5}{10}$. En tenant compte des expériences de 1874, qui ont donné pour les angles 0 et 180 degrés les portées 3 milles $\frac{8}{10}$ et 1 mille $\frac{8}{10}$, et en prenant pour unité la portée correspondant à 90 degrés ou au vent de travers, on obtient les valeurs proportionnelles suivantes :

$$1,70 \quad 1,64 \quad 1,00 \quad 0,77 \quad 0,68.$$

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

ats, qui ont été obtenus au moyen d'un petit
périences, ne donnent pas une courbe aussi
ceux des expériences de Boulogne. La formule
sente le mieux est

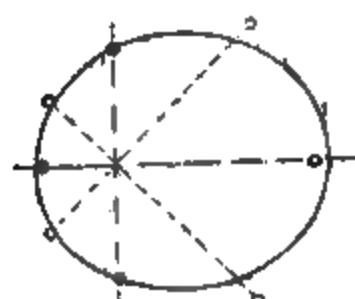
$$\rho = \frac{1}{1 - 0,45 \cos \omega};$$

pour les angles indiqués ci-dessus, les coeffi-

1,82 1,47 1,00 0,76 0,69.

3. représente ces différents résultats.

Fig. 3.



Action du vent
sur la portée d'un sifflet.
(Tableau n° 9.)

de l'angle que fait la direction des observa-
axe du pavillon de la trompette n'a pas été
é manière complète, et les renseignements
aux qui sont disséminés dans les comptes
suffisent pas pour établir une formule. Mais
constaté en 1867, avec une oreille artificielle,
son d'une trompette dans des directions fai-
ts angles avec l'axe. L'instrument auquel il a
n se compose d'une membrane tendue hori-
dans un cylindre en cuivre. Ce cylindre est
un pavillon recourbé que l'on dirige vers le
. Des grains de sable ou de substances plus

légères sont placés sur la membrane, et sont plus ou moins agités lorsqu'elle est mise en vibration par des ondes sonores. En s'éloignant suffisamment, on arrive à faire cesser cette agitation, et la distance à laquelle on se trouve du corps sonore représente la portée relative à l'oreille artificielle dont on se sert. En agissant ainsi dans différentes directions faisant avec l'axe de la trompette des angles variant de 30 en 30 degrés depuis 0 jusqu'à 120 degrés, M. Henry a trouvé des portées proportionnelles aux nombres suivants :

1,44 1,28 1,17 1,00 0,72,

et la formule qui convient le mieux pour représenter ces portées est

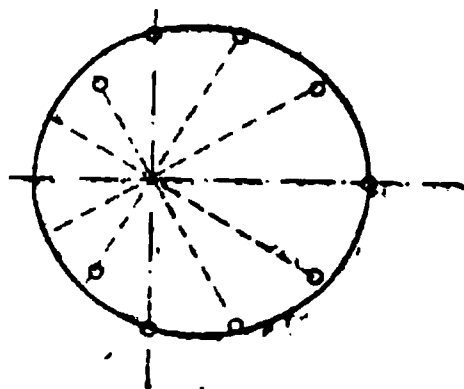
$$p = \frac{1}{1 - 0,3 \cos \omega};$$

elle donne, pour les mêmes angles que ci-dessus et pour ceux de 150 et 180 degrés :

1,43 1,35 1,18 1,00 0,87 0,79 0,77.

On voit qu'elle ne diffère pas beaucoup de celle qui a été précédemment trouvée, d'après les expériences françaises, pour représenter l'influence de la direction d'un réflecteur placé derrière une cloche. La figure 4 donne la courbe qui correspond à la formule, ainsi que les différents points qui résultent de l'expérience,

Fig. 4.



Influence de la direction
du pavillon d'une trompette
sur la portée du son.

Les portées moyennes de la trompe
trompette à vibreur employées dans
difficiles à établir à cause du petit
numériques qui sont indiqués. Quan
que la portée moyenne était de 2 mil

mière série d'expériences et 2 milles -

ce qui donne une moyenne de 2 mil
différente de celle qui a été dédu
anglaises.

Quelques renseignements donnés da
sur la consommation des générateurs
de fixer à environ 16 chevaux le tr
sirène. La hauteur du son qu'elle pr
être calculée. Le nombre de trous qu
est de douze, et la vitesse a varié en
2 200 tours par minute, ce qui donne
tions par seconde, soit en moyenne 4
pettes avec vibreur, essayées dans l
gleterre ou d'Amérique, on peut admet
de trompettes analogues employées
travail dépensé a été d'environ 3 ch
de vibrations de 450 par seconde.

EXPÉRIENCES ALLEMANDE

L'administration de la Marine, en
riences, avait pour but de faire un cho
de cornets à vibreur actionnés par
destinés à faire des signaux de brui
navires. Elles ont eu lieu en 1880 su
bateau-feu de Schülau servant de stati
se ressemblaient beaucoup; quelques-

jugés insuffisants et ne donnèrent lieu à aucune constatation de portée. Le tableau n° 10 contient toutes les portées qui ont été constatées pour les cornets reconnus convenables. Dans ce tableau les portées sont partagées en plusieurs groupes, suivant que le vent est favorable ou contraire, ou selon la force avec laquelle il souffle. Cette force est représentée, d'après l'échelle de Beaufort, par les nombres 1, 2, 3, 4. Une colonne contient les portées pour lesquelles le vent n'est pas indiqué.

On reconnaît que, pour un vent favorable, les portées correspondant aux forces du vent 1, 2, 3 et 4 sont en kilomètres :

5,47 5,47 3,95 3,05,

c'est-à-dire qu'après être restées stationnaires pour les faibles vitesses du vent, elles vont ensuite en diminuant lorsque cette vitesse augmente un peu jusqu'à une limite d'environ 10 mètres par seconde. C'est le contraire de ce qu'ont donné les expériences françaises, de sorte qu'il reste un doute sur le sens dans lequel varie la portée du son lorsque la vitesse du vent favorable va en augmentant. De nouvelles expériences seraient nécessaires. Lorsque le vent est contraire, les portées des expériences allemandes correspondant aux forces du vent 1, 2, 3 et 4 sont :

3,75 2,32 1,63 1,75.

Elles vont en diminuant à mesure que la vitesse du vent augmente, sauf une anomalie dans le dernier terme. Cette conséquence est conforme à celle qu'ont donnée les expériences françaises, et paraît d'ailleurs naturelle.

La moyenne des portées données par le tableau n° 10 est de 4^{km},34 lorsque le vent est favorable, et de 2^{km},40 pour vent contraire; la moyenne générale est 3^{km},37. Les portées pour lesquelles le vent n'est pas indiqué donnent à peu près la même moyenne, 3^{km},38.

Les sons produits par les différents cornets sont en général compris entre l'*ut* et le *sol*, c'est-à-dire que le nombre de vibrations varie de 512 à 783; on peut le fixer en moyenne à 650 par seconde. Quant au travail employé à la manœuvre de ces cornets, on manque de renseignements pour le calculer exactement, mais, d'après les dimensions des pompes à air mues à bras d'homme, on peut approximativement l'évaluer à 2^{kgm},5 par seconde.

FORMULE DE LA PORTÉE DES SONS.

Les expériences qui viennent d'être sommairement analysées conduisent à des résultats pratiques d'une certaine importance, puisqu'elles font connaître, pour quelques instruments sonores habituellement employés, la portée moyenne qu'on peut leur attribuer dans la pratique. Elles permettent en outre de se faire une idée de l'influence que la direction du vent et celle de l'instrument exercent sur cette portée.

Mais il faut essayer d'aller plus loin, en établissant, s'il est possible, une formule propre à faire connaître la portée du son en fonction des divers éléments qui le caractérisent.

Parmi ces éléments figurent la hauteur et l'intensité du son. La hauteur, qui est représentée par le nombre de vibrations dans une seconde, est toujours facile à constater. Quant à l'intensité, on n'a jusqu'à présent imaginé aucun instrument pour la mesurer directement. Elle peut être définie comme étant égale à la somme de travail transmise par les vibrations du corps sonore à la couche d'air environnante, et si l'instrument sonore est convenablement établi, cette somme doit être elle-même à peu près proportionnelle à la quantité de travail employée à produire le son. C'est cette dernière quantité, toujours facile à mesurer, qui peut être introduite dans la formule des portées.

Le tableau n° 11 résume les données relatives à ces deux éléments, ainsi qu'à la portée moyenne. Il s'applique à deux des sonneries de Boulogne, à la moyenne des cornets essayés sur l'Elbe, au sifflet à vapeur et aux deux trompettes employés dans les expériences d'Angleterre et des États-Unis. Nous reproduisons ici les chiffres qui représentent le travail T en kilogrammètres par seconde, le nombre n de vibrations par seconde et la portée x en kilomètres.

	T	n	x
Petite cloche.	0,33	800	1,89
Grosse cloche.	1,44	600	3,04
Cornet.	2,50	650	3,37
Sifflet à vapeur.	57,5	500	4,90
Trompette à vibreur. . . .	300,0	450	7,96
Trompette à sirène.	200,0	400	9,44

Ces nombres vont d'abord nous conduire à une conséquence très importante, c'est que l'intensité d'un son doit décroître dans l'air beaucoup plus rapidement que ne l'indique la loi du carré des distances. Si en effet on calcule

les valeurs de $\frac{T}{x^2}$ pour les six cas indiqués ci-dessus, on trouve :

0,10 0,16 0,22 1,56 4,73 13,46.

Or la portée d'un son est la distance à laquelle l'intensité de ce son est réduite à une certaine valeur limite, au-dessous de laquelle l'oreille ne perçoit plus de sensation. Cette limite est toujours la même, sauf les variations qui peuvent exister d'un observateur à l'autre et que nous négligeons. Les nombres précédents devraient donc être égaux, et si, loin d'être égaux, ils vont en croissant rapidement avec les longueurs de la portée, cela démontre qu'il faut admettre une seconde cause d'affaiblissement de l'intensité du son.

Nous nous trouvons ainsi, pour le son, dans le même

cas que pour la lumière, dont la portée varie énormément avec l'état de transparence atmosphérique. Nous sommes donc amené à considérer l'atmosphère comme ayant une action destructive sur les ondes sonores qui la traversent et, par conséquent, comme ayant, suivant l'expression de M. Tyndall, une transparence acoustique plus ou moins grande. Nous appellerons b le coefficient variable de cette transparence acoustique, ce nombre b étant plus petit que 1 et désignant la proportion d'intensité sonore que laisse passer une épaisseur de 1 kilomètre d'air.

Voici maintenant comment on peut établir la formule des portées sonores. Il ne s'agit ici que des portées moyennes, abstraction faite des perturbations qui résultent de l'action du vent ou de la direction de l'appareil.

Si T représente le travail moteur en kilogrammètres par seconde, le travail transmis aux ondes sonores sera égal à kT , en appelant k un coefficient plus petit que 1, qui pourra varier suivant les moteurs et les instruments employés. Cette quantité kT se décompose en deux parties, l'une qui est détruite en route par l'action de l'atmosphère, l'autre qui est transmise à l'onde sonore située à la distance x et qui peut être représentée par

$$kTb^x.$$

D'un autre côté, le travail de cette onde est proportionnel à la masse d'air en mouvement $m\alpha^2$ et au carré x^2 de l'amplitude de la vibration. Le travail des n ondes sonores émises pendant une seconde peut donc être représenté par

$$nm\alpha^2x^2.$$

de sorte qu'on a :

$$kTb^x = nm\alpha^2x^2$$

ou

$$\frac{Tb^x}{nx^2} = \frac{1}{k}m\alpha^2.$$

Cette formule indique la loi suivant laquelle diminue

l'amplitude α pour des ondes de plus en plus éloignées du corps sonore. Lorsque cette amplitude a atteint une certaine limite inférieure α' , l'observateur n'éprouve plus de sensation. Si donc on pose

$$\frac{1}{k} m \alpha'^2 = \theta,$$

l'équation

$$\frac{T b^x}{n x^2} = \theta,$$

résolue par rapport à x , donnera la portée du son dont il s'agit.

Nous n'avons aucun moyen de déterminer le coefficient θ , qui dépend de plusieurs éléments, ni les différents coefficients b de transparence acoustique qui correspondent aux observations ci-dessus indiquées. Mais comme les portées données dans le tableau n° 11 pour les six instruments sonores résultent en général d'un assez grand nombre d'observations et peuvent être considérées comme des portées moyennes, on peut admettre qu'elles correspondent à l'état moyen de transparence acoustique. Dès lors b et θ ayant les mêmes valeurs dans les six équations qui résultent de l'application de la formule aux données du tableau, on a six équations pour déterminer deux inconnues, et si ces équations sont à peu près satisfaites par un même système de valeurs, on aura, dans une certaine mesure, une confirmation des considérations qui précèdent.

Pour résoudre ces équations, prenons les logarithmes des deux membres; il vient :

$$\log \frac{T}{n x^2} = (-\log b) x + \log \theta.$$

Posons

$$\log \frac{T}{n x^2} = y,$$

il vient alors :

$$= (-\log b) x + \log \theta.$$

Si donc on calcule les six valeurs de y au moy de T , n et x du tableau, et si on les assoc correspondantes de x , on aura les coordonnées qui devront se trouver sur une même ligne l'inclinaison aura pour tangente trigonométrique de $(-\log b)$, et dont l'ordonnée à l'origine

Ces six valeurs de y , en y ajoutant cinq éviter les caractéristiques négatives, sont :

1,063 1,414 1,530 2,018 3,022

elles correspondent aux valeurs de x ,

1,89 3,04 5,37 4,90 7,96

L'équation de la droite qui se rapproche le plus des points est

$$y = 0,325 x + 0,442 ;$$

elle donne pour les mêmes valeurs de x les y suivantes :

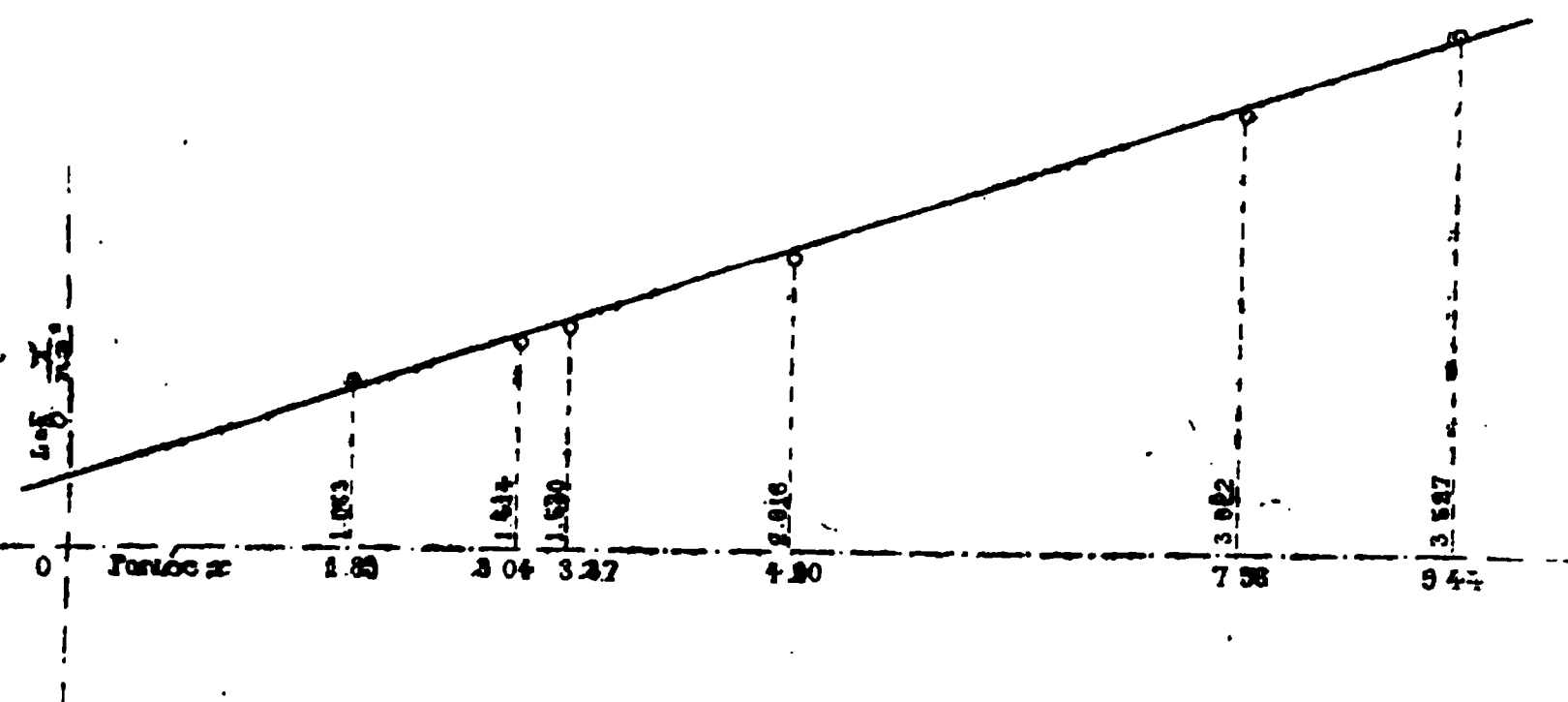
1,056 1,430 1,557 2,034 3,01

lesquelles diffèrent des vraies valeurs de

$$- 0,007 \quad + 0,016 \quad + 0,007 \quad + 0,016 \quad + 0,$$

Ces différences sont très faibles et prouvent la formule avec l'expérience. La figure 5 représente les six points qui viennent d'être comparés à la droite qui s'en rapproche le plus.

Fig. 5.


 Formule de la portée des sons.
(Tableau n° 11.)

Les coefficients b et θ se calculent ensuite facilement :

$$-\log b = 0,325 \quad \log b = \bar{1},675 \quad b = 0,473$$

$$\log \theta = 0,442 - 5,000 = 5,442 \quad \theta = 0,000 0277$$

Ainsi la transparence acoustique moyenne de l'atmosphère résultant des expériences précédemment analysées est représentée par le coefficient $b = 0,473$, ce qui veut dire qu'après avoir traversé une épaisseur de 1 kilomètre d'air, l'intensité sonore est réduite à un peu moins de moitié de ce qu'elle serait d'après la loi du carré des distances.

La formule qui donne pour cet état moyen de l'atmosphère la portée des sons est :

$$\frac{T(0,473)^x}{nx^2} = 0,000 0277$$

ou en logarithmes :

$$\log \frac{T}{nx^2} = 0,325 x + \bar{5},442.$$

Il ne faut pas oublier que les coefficients qui entrent dans cette formule ont été obtenus au moyen de données un peu incertaines et d'hypothèses plus ou moins contes-

tables, de plus, il n'est pas sûr qu'elle corresponde à la véritable moyenne de la transparence acoustique de l'atmosphère ; enfin la manière d'évaluer l'intensité d'un son par le travail dépensé est évidemment imparfaite, lorsqu'il s'agit de sons intermittents dont la durée ainsi que celle des intervalles peuvent varier. Mais en attendant que des renseignements plus complets permettent d'établir une formule définitive, on peut, sans qu'on ait à craindre de grave erreur pratique, employer celle qui vient d'être donnée pour déterminer en kilomètres la portée moyenne d'un son correspondant à n vibrations et à T kilogrammètres par seconde, et émis d'une manière intermittente dans les conditions habituelles de la pratique. Cette formule va nous servir à expliquer quelques anomalies et à résoudre quelques questions.

CONSÉQUENCES DE LA FORMULE DE LA PORTÉE DES SONS.

Dans le compte rendu des expériences américaines on trouve pour la trompette à sirène des portées exceptionnelles de 15 ou 17 milles ; il est même question d'une portée de 30 milles observée par une flottille de pêcheurs ; mais cette dernière distance, estimée par la durée d'un voyage, est douteuse. En Angleterre on signale également des portées de 12 ou 15 milles, observées aux environs de Douvres. D'un autre côté, dans les mêmes expériences de Douvres, M. Tyndall, placé sur un bateau à 2 milles seulement de la sirène, par un temps clair et chaud, n'a rien entendu, et c'est à cette occasion qu'il a émis l'idée des variations que peut éprouver la transparence acoustique de l'air.

La formule précédente permet de se rendre compte de ces différents faits. On peut en effet déterminer le coefficient de transparence acoustique qu'a dû présenter l'atmosphère

pour donner au son de la sirène chacune des portées exceptionnelles qui ont été observées. Considérons des portées, en milles marins, de

30 20 15 10 5,1 3 2 1,5

et donnons à x les valeurs correspondantes en kilomètres,

55,56 37,04 27,78 18,52 9,44 5,56 3,70 2,78,

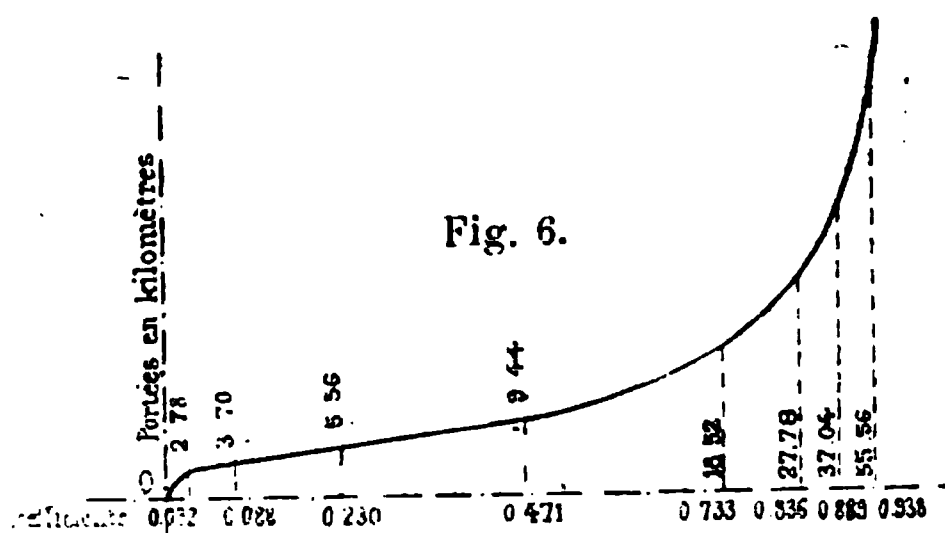
T et n ayant les valeurs 1 200 et 400 qui correspondent à la sirène, la formule

$$\frac{Tb^x}{nx^2} = \theta, \quad \text{d'où} \quad \log b = \frac{1}{x}(2 \log x - 5,035),$$

donne pour les valeurs de b correspondant aux six valeurs de x :

0,938 0,889 0,836 0,733 0,471 0,230 0,088 0,032.

Ces résultats sont représentés sur la figure 6.



Coefficient de transparence acoustique correspondant à différentes portées.

Il suffit donc de supposer que le coefficient de transparence acoustique b peut varier de 0,938 à 0,032 pour expliquer, sans même avoir recours à l'action du vent, les grandes variations que peut présenter la portée d'une même sirène, et il est possible que ce coefficient varie entre des limites encore plus étendues. On expliquerait de même

les autres anomalies qui se rencontrent souvent dans les expériences sur la portée des sons.

La même formule permet aussi de se faire une idée du travail qu'il faudrait dépenser pour obtenir une portée moyenne déterminée, avec un instrument sonore convenablement approprié. La sirène expérimentée en Amérique et en Angleterre ayant donné une portée moyenne de 5 milles $\frac{1}{10}$ avec une dépense de force d'environ 16 chevaux, supposons qu'il s'agisse d'obtenir avec un instrument analogue des portées, en milles marins, de

5,5 6 6,5 7 7,5 8,

il faut, dans la formule, donner à x les valeurs correspondantes en kilomètres,

10,19 11,11 12,04 12,96 13,89 14,82.

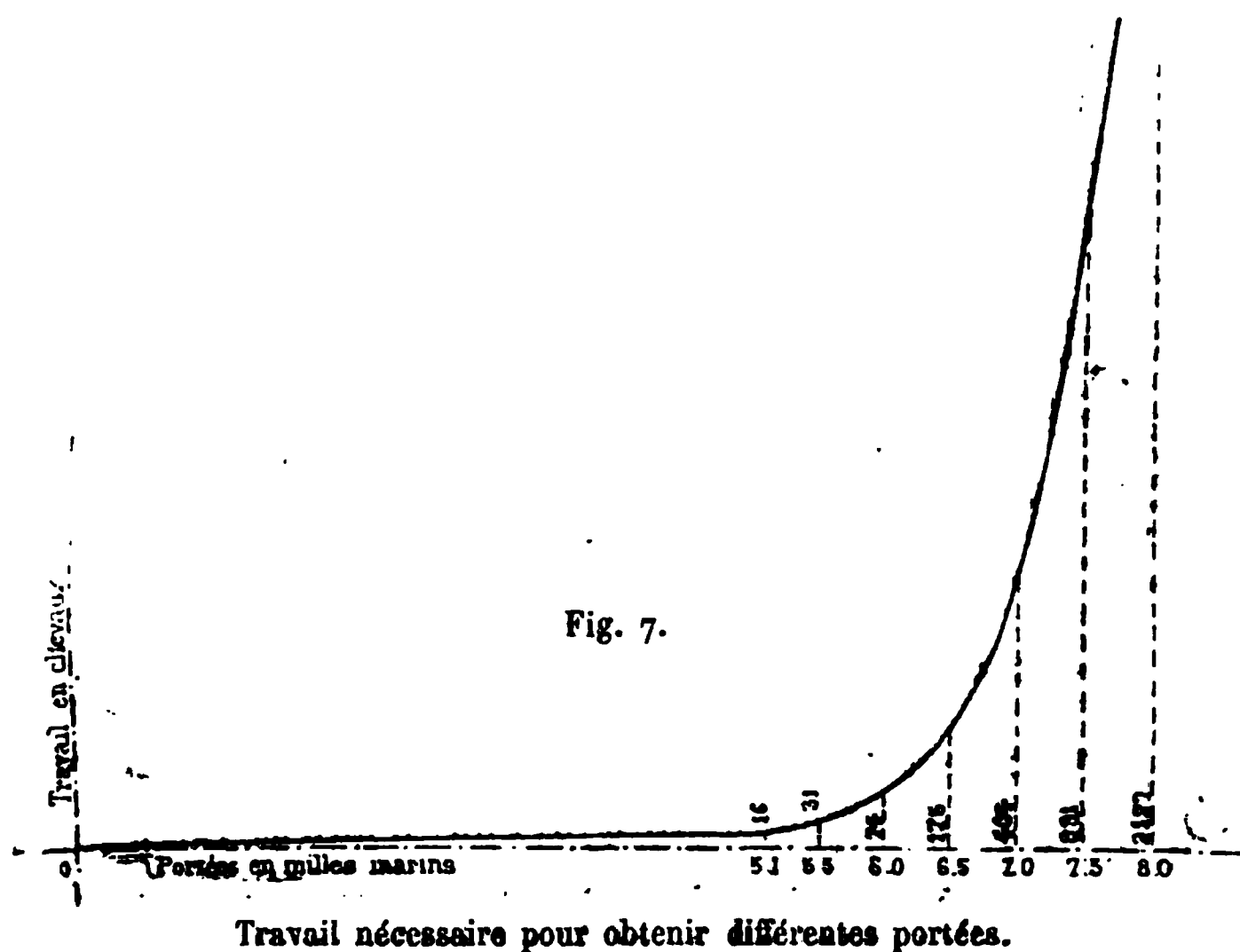
En conservant les valeurs $n = 400$ et $\log b = -0,325$, la formule devient :

$$\log \frac{T}{75} = 0,525 x + 2 \log x + \overline{4},16947,$$

et l'on trouve pour les valeurs de $\frac{T}{75}$ ou du travail moteur en chevaux :

31 74 175 404 951 2 127.

La figure 7 représente ces résultats.



On voit quelles énormes quantités de travail il faudrait dépenser pour obtenir des augmentations de portée relativement assez faibles. La question est ici la même que pour les portées lumineuses. On n'a pu songer à accroître sérieusement la portée des grands phares que lorsque les courants électriques ont permis d'établir des lumières intenses avec une dépense relativement faible; on ne pourrait de même augmenter notablement la portée des signaux sonores actuels que s'il survenait dans les moyens de produire le son une révolution analogue à celle qu'a apportée l'électricité dans la production de la lumière.

Une autre question que la formule précédente permet également de résoudre est relative à la détermination des différentes courbes de portées que donne un signal sonore sous l'action du vent lorsque la transparence acoustique varie. Dans les expériences de Boulogne sur les cloches, on a constaté que, pour un vent qui ne dépasse pas une forte

brise, les portées se distribuent autour de l'horizon suivant la loi donnée pour la formule suivante :

$$\rho = \frac{1}{1 - 0,5 \cos \omega},$$

ω étant l'angle de l'observateur avec la direction dans laquelle va le vent, et la portée qui correspond à 90 degrés étant prise pour unité. En appliquant cette formule à l'une des sonneries de la petite cloche dont la portée moyenne est de 1 mille $\frac{89}{100}$, on trouve pour les portées, en milles marins, correspondant aux angles 0° , $22^\circ 1/2$, 45° , ... 180° :

3,78 3,52 2,93 2,34 1,89 1,59 1,40 1,29 1,27.

Ces portées sont relatives à la moyenne de la transparence acoustique pour laquelle $b=0,473$. Pour d'autres valeurs de b elles augmentent ou diminueront, mais ne resteront pas proportionnelles entre elles, et il est intéressant de savoir comment elles varieront. Il faut pour cela déterminer à quelle valeur initiale de T correspond chacune des portées, et on y parvient en résolvant l'équation générale, qui, pour $n=800$, devient :

$$\log T = 0,525 x + 2 \log x + \bar{2},345.$$

En donnant à x les neuf valeurs ci-dessus, on trouve :

$T = 5,55 \quad 3,82 \quad 1,70 \quad 0,70 \quad 0,55 \quad 0,18 \quad 0,12 \quad 0,10 \quad 0,09.$

Il suffit maintenant de résoudre par rapport à x l'équation

$$\frac{Tb^x}{800 x^2} = 0,000 0277$$

en y portant successivement les valeurs de T qui viennent d'être calculées et un certain nombre de valeurs de b , par exemple, celles qui ont été déterminées ci-dessus, pour expliquer quelques anomalies des observations. On forme ainsi le tableau n° 12. Dans ce tableau, les valeurs des

portées, dont le calcul serait très long, ont été déterminées approximativement au moyen du tableau graphique des portées lumineuses formant la planche V du *Mémoire sur l'intensité et la portée des phares*. Ce tableau sert à résoudre l'équation :

$$\frac{La^x}{x^2} = 0,01;$$

les valeurs de L sont indiquées dans la première colonne verticale à gauche, les valeurs de a dans la bande horizontale inférieure, et les valeurs de x se trouvent sur la ligne inclinée qui passe par le point dont L et a sont les coordonnées. Pour que ce tableau graphique puisse servir à résoudre la formule des portées acoustiques

$$\frac{Tb^x}{nx^2} = \theta,$$

il faut poser

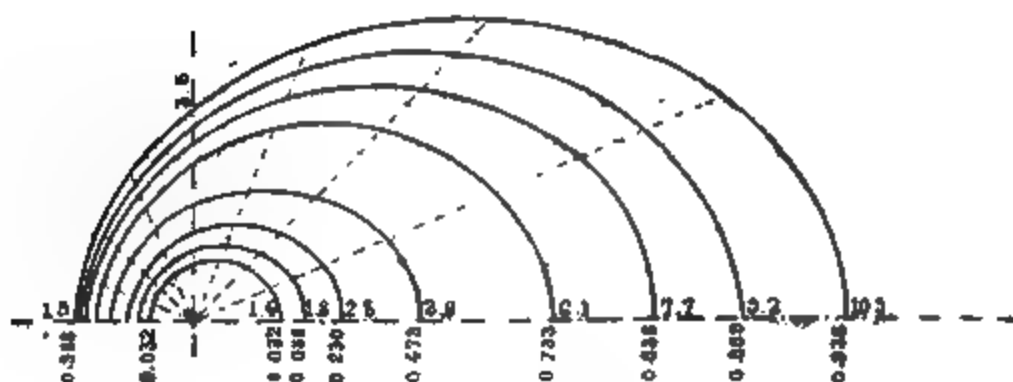
$$b = a \quad \text{et} \quad \frac{0,01 T}{n\theta} = L.$$

Cette dernière relation devient, pour le cas présent,

$$\frac{0,01 T}{800 \times 0,000 0277} \quad \text{ou} \quad \frac{T}{2,216} = L.$$

Les différentes valeurs de $\frac{T}{2,216}$ sont indiquées en tête du tableau n° 12, et il est ensuite facile de trouver x graphiquement. On reconnaît que le rapport entre la portée par vent favorable et la portée par vent contraire est égal à 2,9 pour l'état moyen de transparence acoustique, qu'il s'élève à 8,7 pour une atmosphère de grande transparence acoustique, et s'abaisse au contraire à 2,0 pour un état d'opacité acoustique. Les courbes des portées qui, pour la cloche dont on s'occupe, correspondent aux différentes valeurs de b , sont tracées sur la figure 8 d'après les chiffres du tableau n° 12.

Fig. 8.



Portées d'une cloche sous l'action du vent pour différents états de transparence acoustique. (Tableau n° 12.)
Échelle de 0^m,005 pour 1 kilomètre.

On peut établir un tableau semblable pour les sons produits par une trompette à sirène. Pour y parvenir, il faut tout d'abord admettre que la valeur initiale de T , qui est en moyenne de 1200, se trouve, par suite de l'action du vent, modifiée de la même manière que pour la cloche émettrice, c'est-à-dire qu'elle devient, dans les différentes conditions, proportionnelle aux nombres déjà trouvés pour la cloche : 5,35 3,82 1,70, etc. On a ainsi les neuf valeurs suivantes :

$T = 19\,454\ 12\,982\ 6\,182\ 2\,545\ 1\,200\ 654\ 436\ 364\ 327$.
On peut alors résoudre l'équation :

$$\frac{Tb^2}{400x^2} = 0,000\,0277,$$

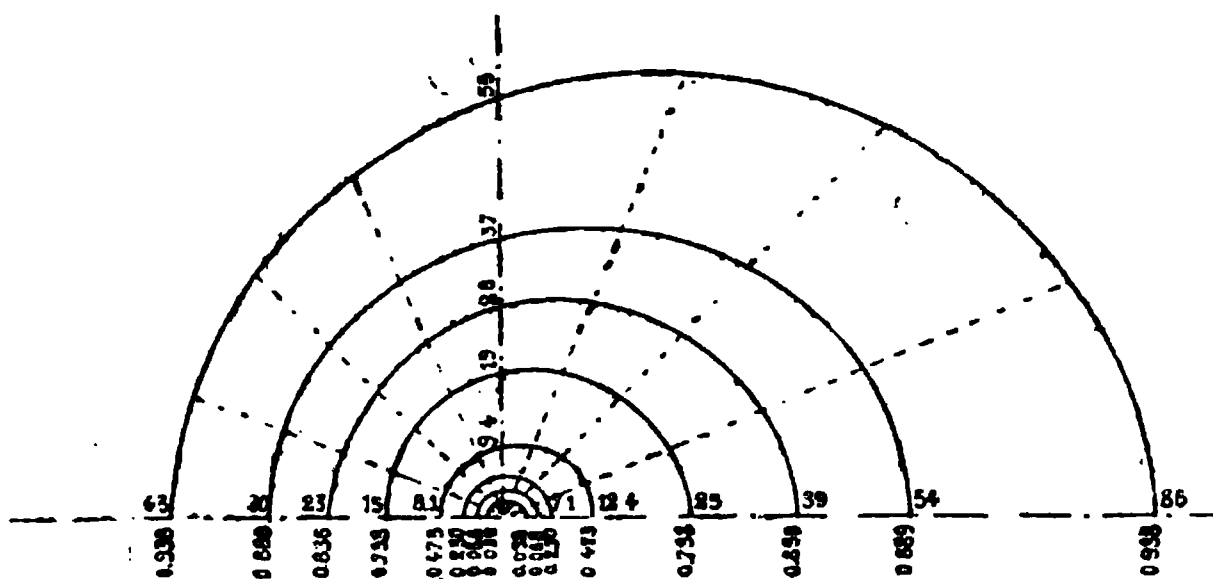
en portant successivement les neuf valeurs de T qui viennent d'être calculées et les différentes valeurs de b déjà employées dans le tableau n° 11. En agissant comme pour les cas précédents, on voit qu'on peut utiliser le tableau graphique des portées lumineuses, pourvu qu'on pose

$$\frac{T}{1,108} = L.$$

Les résultats sont indiqués dans le tableau n° 13, et les

courbes qui en résultent sont tracées sur la figure 9. Le rapport entre les portées par vent favorable et par vent

Fig. 9.



**Portées d'une trompette sous l'action du vent pour différents états
de transparence acoustique. (Tableau n° 13.)
Échelle de 0^m,0005 pour 1 kilomètre.**

contraire varie moins que dans le cas précédent. Il est 1,53 pour l'état moyen, il s'élève à 2,00 pour une atmosphère de grande transparence acoustique, et s'abaisse à 1,36 pour un état d'opacité acoustique.

Les deux figures 8 et 9 sont la traduction graphique des tableaux n^{os} 12 et 13, à l'échelle de 5 millimètres par kilomètre pour la première et de 5 dixièmes de millimètre par kilomètre pour la seconde. Elles permettent de se rendre compte de l'influence qu'exerce sur la portée d'un son, soit la direction du vent, soit l'état de transparence acoustique de l'air. L'influence de cette dernière cause peut devenir dans certaines circonstances tout à fait prépondérante; mais nous ignorons quelle peut être la fréquence de ces cas exceptionnels.

J'ai à ajouter quelques considérations sur l'influence de la direction du vent. Cette influence semble toute naturelle et l'on conçoit très bien que le vent porte le son vers l'observateur. Mais l'explication numérique du phénomène est moins facile à trouver.

Si l'on considère une masse d'air se mouvant à elle-même avec une vitesse uniforme duit en un point fixe quelconque se propagent des ondes sphériques qui seront elles-mêmes en mouvement de la masse; de sorte que, si de deux observateurs sont situés à égale distance de la source soit le vent, l'autre en sens contraire, le premier percevra son comme s'il provenait d'une source mobile par conséquent comme s'il avait une intensité ce sera le contraire pour le second observateur. Si l'on suppose qu'il y a un vent de 10 mètres par seconde, la limite de la portée, le premier cesserait de l'entendre et le second se rapprocherait de la source. Soient, par exemple, la trompette à sirène, la portée est de 9^{km},44 dans un air en repos et pour la transparence acoustique. Si l'on suppose qu'il y a un vent de 10 mètres par seconde, si l'on prend 340 mètres pour la vitesse du son, sous le vent et contre le vent deviendront

$$9,44 \times \frac{340 + 10}{340} = 9^{\text{km}},72 \text{ et } 9,44 \times \frac{340 - 10}{340}$$

tandis que, d'après le tableau n° 13, ces portées seraient 0,473 devraient être :

$$12^{\text{km}},40 \text{ et } 8^{\text{km}},10;$$

leur rapport devrait être 1,53, et il n'est que

Ainsi le transport des ondes sonores par le vent à vitesse uniforme contribue bien à augmenter la portée dans un sens et à la diminuer dans l'autre; mais dans une proportion beaucoup moindre que celle observée; de sorte que cette explication est insuffisante.

Mais le vent n'a pas la même vitesse dans toutes les parties de la masse d'air en mouvement. On sait que la vitesse augmente à mesure qu'on s'éloigne du sol jusqu'à une certaine limite.

s'explique par le frottement que les couches inférieures de l'air en mouvement éprouvent sur les aspérités du sol. On n'a à ce sujet que très peu de renseignements ; quelques observations faites à Perpignan semblent indiquer qu'en représentant par 1 la vitesse du vent au niveau du sol, cette vitesse devient 1,23, 1,63, 1,81 à 7, 18, 31 mètres de hauteur. Si, en tenant compte de ces rapports et en admettant différentes valeurs de la vitesse, on recherche la forme que prend la surface de l'onde, ou celle de la trajectoire des rayons sonores, on n'arrive pas à en déduire une augmentation certaine d'intensité dans la direction du vent. Il faudrait en effet trouver ou que les rayons de courbure de la surface de l'onde ont été augmentés, ou que la divergence des rayons sonores a été diminuée, et c'est ce qui ne paraît pas résulter en général de cet accroissement de la vitesse du vent avec la hauteur.

Je crois pouvoir signaler une autre considération qui conduirait peut-être à un meilleur résultat. Le corps sonore lui-même, ou le bâtiment dans lequel il se trouve, étant placé au milieu de la masse d'air en mouvement, exerce sur les couches d'air qui viennent le toucher une action retardatrice qui se communique aux couches voisines jusqu'à une certaine distance. Il en résulte que les trajectoires des rayons sonores sont déviées tout autour de l'instrument dans le sens du vent, de sorte que la divergence est augmentée d'un côté et diminuée de l'autre ; ce qui entraîne une diminution ou une augmentation d'intensité, indépendamment de l'effet déjà signalé comme résultant de la translation parallèle de l'onde. Les données manquent pour faire à ce sujet un calcul concluant ; mais si l'on fait quelques hypothèses plus ou moins plausibles, on arrive à des variations d'intensité qui, tout en étant dans le sens indiqué par les expériences, restent encore bien loin de la réalité ; de sorte que le phénomène dont il s'agit doit être considéré comme n'étant pas encore suffisamment expliqué.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

enfin à examiner l'influence de la hauteur d'un son sur sa portée. D'après la formule qui a été établie, la portée dépend, non de la quantité totale T de travail par seconde à produire le son, mais de la $\frac{T}{n}$ employée à produire une vibration. Cela résulte

de, d'après l'hypothèse admise, la sensation de l'absence du son lorsqu'on arrive à une certaine limite inférieure, du travail total des ondes dans un temps donné, de l'amplitude des ondes, quel que soit leur nombre. Cette hypothèse, qui est plus plausible en théorie, se vérifie aussi s'accorder mieux que l'autre avec les résultats expérimentaux précédemment analysés.

En tenant donc que le nombre n des vibrations doit être conservé dans la formule, on reconnaît que si, en employant une quantité constante de travail, on fait produire à un instrument sonore une série de notes différentes, la portée du son variera, et il est intéressant de savoir quelle est l'importance de cette variation. Supposons que l'on ait une sirène, qui a été considérée comme faisant 400 vibrations par seconde, produise successivement des sons d'une gamme de 300 à 600 vibrations, en employant constamment 1200 kilogrammètres par seconde. En admettant que l'état moyen de transparence du milieu corresponde à $b=0,473$, les portées seront :

$n = 300$	337,5	375	400	450	500	562,5	600,
$x = 9,78$	9,66	9,55	9,48	9,36	9,25	9,13	9,06.

La portée diminue donc de 2, de 4 ou de 7 p. 100, lorsqu'on passe de la tonique à la tierce, à la quinte ou à l'octave supérieure. Si l'on considère les cornets essayés à la marine, pour lesquels le nombre moyen de vibrations est de 650, et si l'on suppose qu'on produise successivement des sons, avec la même quantité de travail, 1200, 5 par seconde, les sons d'une gamme allant de 487,5 à 975 vi-

brations, on trouve pour les portées correspondant à l'état moyen de l'atmosphère :

$$x = 3,58 \quad 3,49 \quad 3,41 \quad 3,36 \quad 3,27 \quad 3,19 \quad 3,10 \quad 3,05.$$

Dans ce cas, la portée diminue de 5, de 9 ou de 15 p. 100, suivant qu'on passe de la tonique à la tierce, à la quinte ou à l'octave. Ainsi les différences de portées de deux notes sont proportionnellement d'autant plus grandes que le son est moins intense.

En faisant le même calcul pour différentes valeurs du coefficient de transparence acoustique, on forme le tableau n° 14, dans lequel sont indiquées, pour les valeurs de b déjà considérées, les portées d'une sirène produisant avec la même quantité de travail de 1 200 kilogrammètres par seconde, les sons d'une gamme de 300 à 600 vibrations. On y voit que la perte relative de portée diminue lorsque la portée elle-même s'abaisse par suite de l'opacité acoustique de l'atmosphère.

On pourrait appliquer des considérations analogues aux rayons lumineux de différentes couleurs. En prenant pour unité le nombre moyen de vibrations des parties visibles du spectre, soit 600 trillions par seconde, le nombre moyen de vibrations des différentes couleurs sera, en commençant par le rouge,

$$n = 0,83 \quad 0,88 \quad 0,93 \quad 1,00 \quad 1,08 \quad 1,14 \quad 1,21.$$

Si l'on admet que l'équation des portées doive s'écrire

$$\frac{La^x}{nx^2} = 0,01,$$

on trouvera qu'une lumière colorée, d'une intensité équivalant à une carcel, aura, pour la valeur moyenne du coefficient de transparence lumineuse $a=0,903$, les portées suivantes en kilomètres :

$$x = 7,46 \quad 7,32 \quad 7,18 \quad 7,00 \quad 6,82 \quad 6,67 \quad 6,52.$$

La portée va donc en diminuant depuis le rouge jusqu'au

violet. Si l'on voulait supposer un coefficient de transparence atmosphérique différent pour chaque coloration, on le trouverait en calculant les valeurs de α qui, pour une lumière égale à l'unité, donnent les portées précédentes. Ces valeurs sont :

$$\alpha = 0,927 \quad 0,919 \quad 0,911 \quad 0,903 \quad 0,893 \quad 0,885 \quad 0,877.$$

En faisant le même calcul pour un temps brumeux correspondant, par exemple, à $\alpha = 0,058$, on arriverait de la même manière aux portées et aux coefficients suivants :

$$\begin{aligned} x &= 1,433 \quad 1,419 \quad 1,405 \quad 1,389 \quad 1,373 \quad 1,363 \quad 1,352, \\ \alpha &= 0,065 \quad 0,063 \quad 0,061 \quad 0,058 \quad 0,055 \quad 0,053 \quad 0,051. \end{aligned}$$

Je n'insiste pas davantage sur ces considérations, qui pourraient servir à expliquer la coloration rougeâtre des feux pendant la brume et à faire voir combien la composition différente des lumières produites par le gaz, l'huile ou l'électricité influe peu sur leur portée.

CARACTÈRES DES SIGNAUX SONORES.

Les signaux sonores doivent, comme les phares lumineux, présenter des caractères particuliers qui permettent de les distinguer les uns des autres. En Amérique, où ce système d'avertissement est très développé, les caractères distinctifs sont fondés sur la durée des sons et des intervalles qui les séparent. D'après les dernières publications, il y a aux États-Unis 61 signaux sonores, dont 34 sifflets à vapeur, 10 trompettes à vibreur et 17 trompettes à sirène. Ces instruments produisent des signaux très variés, dont le détail est indiqué dans le tableau n° 15. Les uns, au nombre de 45, se composent d'un seul son qui se reproduit à des intervalles déterminés. La durée du son varie de 3 à 15 secondes, celle de l'intervalle de 14 à 90 secondes, et la durée moyenne du son est égale à $0,14$ ou $\frac{1}{7}$ du temps

total. Les 16 autres signaux, donnés par 13 sifflets et 3 trompettes, se composent de deux sons présentant des durées et des intervalles très variables, comme on peut le voir sur le tableau. Le rapport de la durée des deux sons au temps total est 0,18. Si l'on considère à part les 17 trompettes à sirène à un ou deux sons, on reconnaît que la durée des sons forme seulement les 0,12 du temps total.

Les caractères de ces signaux, fondés sur les durées des sons et des silences, ressemblent à ceux des phares, qui, sauf le cas des feux fixes, résultent en général de l'intervalle de temps séparant les éclats. Mais il est reconnu aujourd'hui que ce moyen de distinguer les feux n'est pas sans inconvénient : car, à moins d'employer une horloge ou d'avoir une habitude spéciale, il n'est pas facile de juger si un intervalle est d'une minute ou de trente secondes, et la difficulté serait encore plus grande pour des intervalles différant seulement de quelques secondes. Aussi la Commission des phares de France a-t-elle admis l'utilité d'essayer, pour les nouveaux phares électriques, des caractères fondés sur un autre principe, qui consiste à faire produire par l'appareil optique soit un éclat, soit plusieurs éclats consécutifs formant un groupe, et à séparer cet éclat ou ce groupe des suivants par une éclipse suffisamment prolongée. Le phare est alors caractérisé par un chiffre 1, 2, 3 ou 4, et il suffit de compter les éclats pour reconnaître le caractère.

Le même système de caractères peut évidemment être appliqué aux signaux sonores qui doivent être établis à proximité d'un certain nombre de phares électriques, et il est naturel de faire émettre par l'instrument autant de sons consécutifs que le phare voisin produit d'éclats. On aurait ainsi des trompettes à sirène donnant soit un son, soit deux, trois ou quatre sons consécutifs, suivis d'un silence suffisamment long. Les phares électriques ont une

autre série de quatre caractères qui ne diffèrent qu'en ce qu'ils sont séparés par un espace apparaissant au milieu de la grande éclipe inutile d'imaginer une distinction analogue pour les sonores, les quatre caractères déjà indiqués suffisent : d'abord parce qu'un certain nombre de phares ne seront pas accompagnés de trompe parce que deux phares électriques consécutifs produisent le même nombre d'éclats, lors même qu'ils sont séparés par la présence ou l'absence de l'éclat rouge.

Si, pour fixer les idées, nous attribuons trois secondes aux sons et de deux secondes aux intervalles qui les sépare, voici comment pourrait être énoncé le signal, les chiffres entre parenthèses indiquant la durée totale de chaque signal, les chiffres entre crochets rapportant aux sons :

	Durées, en secondes, des sons et des intervalles.	Durée totale en secondes du signal
Signal à 1 son. . .	(3) 27	30
Signal à 2 sons. .	(3) 2 (3) 32	40
Signal à 3 sons. .	(3) 2 (3) 2 (3) 37	50
Signal à 4 sons. .	(3) 2 (3) 2 (3) 2 (3) 42	60

Ces durées ont été choisies de manière à donner des signaux de un ou deux sons, un rapport de sons au temps total égal en moyenne à celui du tableau n° 15 pour les sirènes américaines; rien d'essentiel et pourront être modifiées dans la mesure du possible, ce qu'il y a de caractéristique, c'est seulement la succession des sons qui se succèdent pour former un groupe.

On remarquera que la durée du grand intervalle, ainsi que la durée totale du signal, varient un peu avec le nombre des sons. Malgré cela, le rapport de la durée totale des sons à la durée totale du signal est constant.

augmentant de $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{5}$. Il en résulte que la quantité d'eau consommée pour le fonctionnement de la trompette varierait suivant les cas du simple au double, et comme l'approvisionnement de l'eau constituera sur plusieurs points une difficulté sérieuse, il y aurait intérêt à en réduire autant que possible la consommation.

On y parviendrait en ramenant les deux derniers signaux, qui emploient trois et quatre sons, à n'en avoir que deux, comme le second; mais alors il faudrait adopter deux sons d'inégale hauteur. Une trompette à sirène peut être disposée de manière à produire successivement deux sons, à la tierce l'un de l'autre, par exemple. Ces deux sons successifs, dont le second est plus élevé que le premier, produiront sur l'auditeur un effet tout autre que celui de deux sons égaux, et, si l'on intervertit l'ordre des deux sons inégaux de manière à commencer par le plus élevé pour finir par le plus bas, on obtiendra un autre signal, qui sera encore très distinct des précédents.

On disposera ainsi de quatre signaux, sans dépasser le nombre de deux sons par signal, savoir :

Signal à un seul son;

Signal à deux sons égaux;

Signal à deux sons inégaux, allant en montant;

Signal à deux sons inégaux, allant en descendant.

Il n'y a pas à se préoccuper de la différence de portée que peuvent présenter deux sons à la tierce l'un de l'autre. On peut voir sur le tableau n° 14 que, pour une trompette à sirène et dans l'état moyen de l'atmosphère, ces portées sont $9^{\text{km}},8$ et $9^{\text{km}},6$; elles ne diffèrent que de $0^{\text{km}},2$ ou de 2 p. 100 environ. Lorsque les portées augmentent par suite d'un état plus favorable de l'atmosphère, la différence diminue en valeur relative, mais augmente un peu en valeur absolue; ainsi, pour une portée de $19^{\text{km}},3$ la différence est

0^{km},6. Lorsque les portées sont plus petites, c'est le contraire qui a lieu ; mais alors la valeur absolue de la différence devient tout à fait négligeable : ainsi, lorsque la sirène ne s'entend qu'à 3^{km},79, le son à la tierce s'entendrait à 3^{km},72.

Les deux systèmes qui viennent d'être indiqués paraissent également propres à caractériser très nettement les différents signaux sonores. Le premier a l'avantage d'être tout à fait conforme à celui des signaux lumineux produits par les phares électriques ; il est, de plus, très facile à comprendre. Le second a l'avantage de donner plus rapidement le caractère du signal et de dispenser, pour ainsi dire, de compter les sons ; il est d'ailleurs plus économique, puisqu'il exigera, dans la moitié des cas, une moindre consommation d'eau.

On pourra donc adopter l'un ou l'autre de ces systèmes, et il est même possible que dans l'avenir on soit obligé d'employer les deux, si le nombre des signaux sonores se multiplie.

Le tableau n° 16 fait connaître les noms et les caractères des 43 phares électriques, dont 3 doubles, qui doivent être établis sur le littoral français. Il indique en outre les caractères qui pourront être attribués aux signaux sonores voisins de ces phares, dans l'un ou l'autre des deux systèmes qui viennent d'être examinés. Le nombre des signaux à installer immédiatement sera seulement de 20 ; mais on voit que, même dans le cas où ce nombre serait ultérieurement porté à 43, chacun de ces deux systèmes permettrait de leur attribuer à tous des caractères nettement tranchés.

Paris, septembre 1882.

AVIS DE LA COMMISSION DES PHARES.

La Commission des phares,

Vu la lettre ci-après adressée le 3 novembre 1882, par M. l'Inspecteur général Allard, à M. le Ministre des Travaux Publics.

« L'avant-projet général de l'éclairage électrique des
« côtes de France comprend l'installation de signaux
« sonores à vapeur dans quelques-uns des phares projetés.
« Le nombre de ces signaux a été fixé à vingt environ,
« mais les emplacements qu'ils doivent occuper n'ont pas
« été indiqués.

« Je pense, Monsieur le Ministre, que le moment est
« venu d'examiner cette question. MM. les Ingénieurs des
« services maritimes, qui ont été invités à commencer les
« études des projets relatifs à l'éclairage électrique, ont pu
« me faire connaître leur avis sur le choix des emplace-
« ments où des signaux sonores pourraient être établis,
« et je pense que vous jugerez convenable de soumettre
« cette affaire à l'examen de la Commission des phares.

« Je fais connaître, dans un état ci-joint, l'analyse des
« propositions présentées par MM. les Ingénieurs en chef,
« et j'ajoute, dans une colonne d'observations, mon avis
« sur chacune de ces propositions. Le résumé qui termine
« cet état comprend 14 phares dans lesquels on peut dès
« maintenant décider l'établissement d'un signal sonore,
« 7 phares pour lesquels la question peut être réservée et
« soumise à un nouvel examen, et enfin 22 phares dans
« lesquels il ne paraît pas y avoir lieu d'établir actuelle-
« ment un signal sonore. La Commission apportera peut-
« être quelques modifications à ce classement, mais on

« peut prévoir que, dans tous les cas, le
 « signaux sonores à établir ne s'éloigne
 « du nombre 20, qui avait été prévu dans
 « Une seconde question qui me paraît
 « être soumise à l'examen de la Commis
 « est celle des caractères à attribuer
 « sonores. Dans un mémoire sur la porté
 « vous avez bien voulu autoriser l'impres
 « distribué aux membres de la Commis
 « deux systèmes de caractères entre l
 « choisir. L'un, tout à fait semblable à
 « électriques, consiste à faire produire p
 « 1, 2, 3 ou 4 sons formant un grou
 « autres, groupes par des intervalles su
 « second système, on n'emploie que 1 ou
 « mais ces deux sons peuvent être ou égaux ou d'une
 « hauteur inégale, et, dans ce dernier cas, ils peuvent
 « se succéder en montant ou en descendant; on obtient
 « ainsi 4 signaux distincts sans dépasser le nombre
 « de 2 sons par signal, ce qui procure une sérieuse éco-
 « nomie de dépense. La Commission aura à se prononce
 « sur le choix à faire entre ces systèmes de caractères.

« Je me résume, Monsieur le Ministre, en vous prian
 « de vouloir bien renvoyer à l'examen de la Commissio
 « des phares les deux questions que je viens d'indiquer e
 « qui concernent, l'une, le choix des emplacements o
 « doivent être établis des signaux sonores, l'autre, l'indi
 « cation des caractères à leur attribuer. »

Vu l'état joint à la lettre ci-dessus dans lequel son
 résumées les propositions de MM. les Ingénieurs en che
 et les avis de M. l'Inspecteur général Allard relativemen
 à l'installation des signaux sonores en question;

Vu le mémoire rédigé, par M. l'Inspecteur général Allard
*sur la portée des sons et sur les caractères à attribue
 aux signaux sonores;*

Considérant,

En ce qui concerne les emplacements,

Qu'il convient d'adopter en principe la classification en trois catégories proposée par M. l'Inspecteur général Allard, sous la réserve de quelques modifications à introduire dans la répartition;

En ce qui concerne les caractères,

Que le deuxième système indiqué (emploi d'un ou de deux sons de hauteur égale et inégale) semble le plus avantageux, mais qu'il est nécessaire, avant de statuer définitivement, d'attendre les résultats que sa mise en pratique fera connaître;

Est d'avis :

1° Que l'établissement d'un signal sonore peut être décidé dès maintenant pour les sept phares électriques suivants :

Gris-Nez, Barfleur, la Hague, Fréhel, île Vierge, Créac'h d'Ouessant, Planier.

2° Que la question sera étudiée pour être résolue ultérieurement, en ce qui concerne les quinze phares suivants :

Cayeux, l'Ailly, Ver, Paimpol, Sept-îles, île de Groix, Belle-Ile, le Pilier, l'île d'Yeu, les Baleines, Chassiron, Cordouan, Porquerolles, Giraglia, Pertusato.

3° Qu'il n'y a pas lieu d'établir actuellement du moins, un signal sonore dans les vingt et un phares suivants :

Dunkerque, Calais, la Canche, Fécamp, la Hève, Carteret, Chausey, île de Bas, île de Sein, Penmarc'h, Hourtin, Arcachon, Contis, Biarritz, cap Béarn, mont d'Agde, Faraman, la Garoupe, Calvi, île Sanguinaire, Alistro.

4° Qu'il convient, avant de statuer définitivement sur le système à adopter pour caractériser les signaux sonores, d'expérimenter dans quatre phares convenablement choisis la deuxième combinaison indiquée par M. l'Inspecteur général Allard.

TABLEAU N° 2.

Expériences françaises.

Petite cloche avec ou sans réflecteur. — Marteaux de 2 kilogr. 5, de 5 kilogrammes et de 7 kilogr. 5, frappant 25 coups par minute.

Expériences françaises

[illegible]

80°, 0.
0,56
0,42
"
"
"
"
"
"
0,49

№ 4.

1,76
1,73
1,72

TABLEAU N° 6.

*Influence d'un réflecteur (fi)*Rapport des portées avec réflecteur aux port
pour différents angles, d'après les table

TABLEAU N° 7.

Portées moyennes des différentes sonneries sans réflecteur,
calculées dans les tableaux n° 1, 2 et 3,
au moyen des coefficients de la direction du vent.

NUMÉROS des EXPÉRIENCES.	PETITE CLOCHE.				GROSSE CLOCHE.	
	2 KILOG. 5	2 KILOG. 5	5 KILOG.	7 KILOG. 5	5 KILOG.	9 KILOG.
	15 coups.	25 coups.	25 coups.	25 coups.	60 coups.	60 coups.
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
1.	1,13	1,24	"	"	"	"
2.	1,29	1,57	"	"	"	"
3.	"	1,03	"	"	"	"
4.	"	1,10	1,31	"	"	"
5.	"	1,30	1,85	"	"	"
6.	"	1,95	2,51	2,88	"	"
7.	"	"	1,90	"	"	"
8.	"	"	"	"	1,34	"
9.	"	"	"	"	2,12	"
10.	"	"	"	"	2,90	"
11.	"	"	"	"	"	3,49
12.	"	"	"	"	"	3,59
13.	"	"	"	"	1,48	2,05
MOYENNES.	1,21	1,37	1,89	2,28	1,96	3,04

U N° 8.

anglaises.

à vibrateur ou à sirène et des sifflets,
dans vents.

E BATHUR. vent	TROMPETTE A SIRÈNE. Portées pour un vent		SIFFLÉT A VAPEUR. Portées pour un vent	
	contraire.	favorable.	contraire.	favorable.
	contraire.	favorable.	contraire.	favorable.
1,0	9,0	3,0	3,9	1,0
2,0	5,5	1,3	"	2,0
3,8	7,5	3,5	"	"
5,4	7,8	2,5	"	"
1,0	5,0	3,8	"	"
1,8	5,0	3,0	"	"
"	15,0	2,8	"	"
"	5,8	2,0	"	"
"	7,3	"	"	"
"	7,5	"	"	"
"	6,0	"	"	"
"	5,0	"	"	"
"	7,5	"	"	"
"	7,0	"	"	"
"	11,5	"	"	"
"	6,5	"	"	"
"	8,0	"	"	"
2,5	7,5	2,7	3,9	1,5
	5,1		2,7	

AU N° 9.

américaines.

l'un sifflet de bateau à vapeur,
directions du vent (fig. 3)

ANGLES DE L'OBSERVATEUR AVEC LA DIRECTION DU VENT.			
45°.	90°.	135°.	180°.
3,0	2,0	"	0,7
"	2,0	1,7	1,1
"	"	"	3,0
4,3	3,2	"	0,7
"	1,7	"	0,7
"	"	"	1,0
3,6	2,2	1,7	1,2
	2,5		

TABLEAU N° 10.

Expériences allemandes.

Portées, en kilomètres, de cornets mus à bras d'homme.

PORTÉES LE VENT FAVORABLE avec une force				PORTÉES PAR VENT CONTRAIRE avec une force				PORTÉES SANS INDICATION de vent.
2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.		
5,47	4,30	4,30	3,70	1,85	1,80	2,00	4,06	
5,47	5,16	1,80	3,40	3,55	1,30	1,77	5,47	
5,47	3,00	"	4,25	2,50	1,30	1,35	4,06	
"	5,17	"	3,65	1,85	1,80	1,76	5,47	
"	3,10	"	3,52	1,85	1,35	2,00	1,76	
"	3,50	"	4,30	"	1,65	1,60	3,10	
"	3,07	"	3,52	"	"	"	1,70	
"	4,30	"	"	"	"	"	1,30	
"	"	"	"	"	"	"	5,47	
"	"	"	"	"	"	"	1,60	
MOYENNES. .	5,47	3,95	3,05	3,75	2,32	1,63	1,75	3,33
PORTÉES MOYENNES PAR- TIELLES.		4,34		2,40				
PORTÉE MOYENNE GÉNÉRALE.								3,37

TABLEAU N° 11.

Récapitulation des résultats concernant la quantité de travail, la hauteur du son et la portée de différents instruments sonores (fig. 5).

INSTRUMENTS SONORES.	KILOGRAMMÈTRES par seconde T.	VIBRATIONS par seconde N.	KILOMÈTRES X
Petite cloche avec marteau de 5 kilogr. frappant 25 coups..	0,33	800	1,8
Grosse cloche avec marteau de 9 kilogr. frappant 60 coups..	1,44	600	3,0
Cornet à air comprimé, mû à bras d'homme.	2,50	650	3,3
Sifflet à vapeur.	37,50	1 500	4,9
Trompette. . . { à vibreur. . .	300,00	450	7,9
{ à sirène. . .	1 200,00	400	9,4



TAI

Caractères des signaux

1 ^o SIG					
SIFFLETS.			TROMPETTES		
NOMBRE.	DURÉE		NOMBRE.		
	de son.	de l'intervalle.			
1	3	42	1	6	21
1	4	56	1	7	43
1	4	16	2	8	40
2	5	25	1	8	30
1	5	55	1	10	30
12	8	52	1	12	50
1	10	30	1	15	40
2	10	50	"	"	"
"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"
21	7,2	46,3	9	8,8	34,5

1	2	3	4
2	1	5	90
1		5	55

2^o SIGNAUX A DEUX SONS.

SIFFLETS.					TROMPETTES A VIBRATEUR.				
NOMBRE.	DURÉE				NOMBRE.	DURÉE			
	du 1 ^{er} son.	de l'intervalle.	du 2 ^e son.	de l'intervalle.		du 1 ^{er} son.	de l'intervalle.	du 2 ^e son.	de l'intervalle.
1	4	8,0	4	44,0	1	6	4	6	44
1	4	7,0	4	45,0	"	"	"	"	"
1	5	8,0	5	42,0	"	"	"	"	"
1	8	4,0	4	44,0	"	"	"	"	"
1	8	12,0	6	39,0	"	"	"	"	"
2	8	10,0	2	40,0	"	"	"	"	"
1	10	20,0	5	25,0	"	"	"	"	"
1	5	22,5	10	22,5	"	"	"	"	"
2	5	26,0	3	26,0	"	"	"	"	"
2	8	24,0	8	24,0	"	"	"	"	"
13	6,6	15,5	4,3	34,0	1	6	4	6	44

Rapport moyen
de la durée des sons
au temps total.

Pour les trois instruments à 1 son. 316 : 2 272 = 0,14
 Pour les trois instruments à 2 sons. 179 : 996 = 0,18
 Pour les sifflets à 1 et à 2 sons. 224 : 1 910 = 0,12
 Pour les trompettes à vibrateur à 1 et à 2 sons. 91 : 450 = 0,20
 Pour les trompettes à sirène à 1 et à 2 sons. 109 : 997 = 0,11

déai

cutif:
haut

LE

E.

me.

A

S

A

S

A

S

S

S

S

A

A

A

A

S

S

S

S

TABLE.

- Exposé.** — Développement des signaux sonores sur d'établir une formule pour calculer la portée du son ont été faites sur ce sujet dans différents pays. . .
- EXPÉRIENCES FRANÇAISES, faites à Boulogne-sur-Mer**
 le son des cloches. — Marche des opérations. — pour différentes sonneries; tableaux nos 1, 2 et 3. — direction du vent sur les portées; formule; tableau 4. — Influence de la vitesse du vent; tableau n° 5. — hauteur; formule; tableau n° 6; figure 2. — Direction l'axe d'un réflecteur suivant la direction du vent, des différentes sonneries; tableau n° 7. — Quantité du son.
- EXPÉRIENCES ANGLAISES, faites à Douvres en 1873.**
 d'une trompette à vibrateur, d'une trompette à sirène; tableau n° 8. — Hauteur des sons. — Idées de M. de la parance acoustique de l'air.
- EXPÉRIENCES AMÉRICAINES, faites en 1874 et 1875 au York.** — Portées des sifflets à vapeur. — Influence du vent; tableau n° 9; figure 3. — Influence de la direction; figure 4. — Portées moyennes des sifflets à vapeur; tableau 10. — Hauteur du son des trompettes à vibrateur.
- EXPÉRIENCES ALLEMANDES, faites en 1880 sur l'Elbe**
 des cornets mus à bras d'homme. — Influence de la direction; tableau n° 10. — Portée moyenne; hauteur du son.
- FORMULE DE LA PORTÉE DES SONS.** — Valeurs employées; tableau n° 11. — Première conséquence qui résulte consiste en ce que l'intensité du son diminue beaucoup plus vite que ne l'indique la loi du carré des distances. — formule des portées; figure 5. — Réserves au sujet des coefficients qui entrent dans la formule.
- CONSÉQUENCES DE LA FORMULE DE LA PORTÉE DES SONS.**
 portées exceptionnelles de la trompette à sirène observées en Amérique. — Coefficients de transparence acoustique pondent aux différentes portées; figure 6. — Quantité de son nécessaire pour obtenir une portée moyenne donnée; figure 7. — Direction des différentes courbes de portées que donne l'action du vent, lorsque la transparence acoustique

cloche; tableau n° 12; figure 8. — Cas d'une trompette à sirène; tableau n° 15; figure 9. — Explications de l'influence du vent sur la portée des sons; les explications proposées sont insuffisantes. — Influence de la hauteur d'un son sur sa portée; portées des sons d'une gamme produits par une sirène ou par un cornet; tableau n° 14. — Application de la même théorie à la portée des lumières colorées.	590
CARACTÈRES DES SIGNAUX SONORES. — Caractères adoptés en Amérique; ils sont fondés sur les durées des sons et des intervalles; tableau n° 15. — Caractères des phares électriques français; caractères analogues proposés pour les signaux sonores et consistant à produire 1, 2, 3 ou 4 sons consécutifs égaux. — Système consistant à remplacer les signaux à 3 ou 4 sons consécutifs par deux sons inégaux, en commençant soit par le plus bas, soit par le plus haut. — Liste des phares électriques français et caractères des signaux sonores correspondants; tableau n° 16. . . .	602
Avis de la Commission des phares.	607
TABLEAUX.	610

N° 29

NOTE

SUR LES

RAGES MOBILES DES BARRAGES DE LA HAUTE SEINE.

Par M. LAVOLLÉE, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La loi du 13 juin 1878 a déclaré d'utilité publique les travaux destinés à augmenter le tirant d'eau sur la haute Seine, en portant le mouillage de 1^m,60 à 2 mètres dans quinze biefs situés entre Montereau et Paris. Ce résultat a été obtenu par approfondissement dans les deux biefs intermédiaires, et par exhaussement de la retenue sur tout le reste du parcours.

Dans la première section, le dragage du chenal et l'entretien du busc de l'écluse intermédiaire n'ont présenté rien de particulier qui soit digne d'être signalé. Mais l'élévation du plan d'eau a entraîné le remplacement des appareils mobiles qui surmontent les barrages; elle a entraîné quelques modifications aux engins primitivement employés par M. Chanoine, décrits dans plusieurs articles des *Annales*, et bien connus des Ingénieurs qui ont eu à traiter des questions de navigation.

Les constructeurs des ouvrages actuels n'ont rien innové. Ils ont seulement cherché à profiter de l'expérience acquise par leurs prédécesseurs dans la pratique des barrages, et à présenter uniquement à titre d'appareils perfectionnés que les nouveaux types peuvent être intéressants à exposer pour

les lecteurs des *Annales* qui connaissent les dispositions primitivement adoptées.

Les barrages de la haute Seine se composaient et sont encore formés de deux parties bien distinctes (Pl. 16, fig. 1) : la première, accolée à l'écluse et appelée *passé navigable*, sert de chenal aux bateaux quand le débit de la Seine permet de laisser la rivière libre ; l'autre, nommée *déversoir*, est destinée au règlement du bief et à l'écoulement des crues, lorsque la *passé navigable* est fermée ou qu'on est en train de la relever. Le développement de ces portions séparées varie entre 65^m,10 et 40^m,40 pour les premières, et entre 70^m,10 et 37^m,90 pour les secondes. Le seuil des passes est placé 1 mètre plus bas que le seuil des déversoirs.

Les travaux, exécutés sous la direction de M. l'Ingénieur en chef Rougeul, ont été achevés en 1881 pour les passes navigables. Les déversoirs ont été terminés la même année, depuis Paris jusqu'à Corbeil, et le nouveau mouillage a été effectivement établi entre ces deux points à partir du mois d'octobre 1881. Les épreuves des divers appareils installés paraissent aujourd'hui suffisantes pour qu'on puisse apprécier les résultats acquis. Le fonctionnement des ouvrages modifiés paraît d'ailleurs avoir eu une influence assez sérieuse sur le mouvement de la navigation, puisque le tonnage absolu des bateaux circulant dans la section transformée, lequel était de 1 552 716 tonnes en 1880, s'est élevé à 2 149 524 tonnes de novembre 1881 à novembre 1882.

PASSES NAVIGABLES.

Les passes navigables (Pl. 16) sont munies de hausses Chanoine. Le radier n'a subi aucun changement ; on l'a simplement surmonté par des hausses plus élevées de 0^m,40 que les anciennes et différant de celles-ci par un certain

e détails que nous indi
incte que possible.

usses primitives avaient
du radier, placé à 3 m
rmal de la retenue. La ci
ler une lame d'eau déver
amont était plein. On

qui rendait le règlement des biefs difficile en
sécheresse ou qui exigeait l'emploi de planchettes
eu commodés à mettre en place; et les hausses
nt une hauteur de 3^m,40, égale à la tranche d'eau
rportent (*fig. 1*).

rpente des premières hausses était formée de
ntants verticaux, ayant chacun $\frac{0^m,13}{0^m,14}$ d'équarris-
uis en haut et en bas par deux chevêtres. Elle
blétée par quatre bordages de 0^m,035 d'épaisseur,
it juxtaposés. Ces pièces n'offraient pas une
suffisante aux chocs qui se produisaient dans
les montants se brisaient; les bordés étaient
ent disjoints, et l'on était obligé d'effectuer des
ients continuels.

bstitué à ce mode de construction un cadre de
montants $\left(\frac{0^m,20}{0^m,27}\right)$ et de deux chevêtres solides,

des bordés verticaux qui sont assemblés à rai-
languette et qui sont appuyés sur des feuillures
dans les pièces principales du panneau (*fig. 3*).
osition, appliquée par M. l'ingénieur en chef
pertuis de Port-à-l'Anglais, y a parfaitement
uns douze ans, et les hausses établies dans ces
ont conservé une résistance et une étanchéité
ciennes auraient perdu rapidement.

usses avaient autrefois une largeur
itantes de 1^m,30 d'axe en axe, de sor

de 0^m,10 existait entre les montants voisins de deux hausses contiguës. Ce vide déterminait des pertes d'eau assez notables, et nous l'avons réduit à 0^m,05, en portant à 1^m,25 la largeur des hausses neuves.

Celles-ci tournent autour d'un axe de rotation (*fig. 4*) qui, situé primitivement aux $\frac{5}{12}$, est établi aujourd'hui presque à la moitié de la hauteur, afin d'éviter les basculements spontanés. L'axe divise le panneau en deux parties : l'une inférieure, la *culasse*, qui a 1^m,67 de haut ; l'autre supérieure, la *volée*, qui a 1^m,73. La rotation s'effectue sur la tête d'un chevalet placé verticalement et dont la forme spéciale (*fig. 6*) est justifiée par la nature des pressions agissant aux différents points de cette pièce. Le chevalet (*fig. 6*) pivote autour d'un axe horizontal inférieur, retenu dans ses crapaudines par un coin (*fig. 5*), suivant la disposition appliquée aux premiers mécanismes de M. Chanoine.

Le chevalet est appuyé sur l'arc-boutant ancien (*fig. 2*), dont la tête, recourbée en forme de crosse, a été redressée pour prévenir les efforts obliques, et a été façonnée comme une tête de bielle, suivant le système employé par MM. Hirsch et Boulé au barrage de l'île Barbe et au pertuis de Port-à-l'Anglais. La partie inférieure de l'arc-boutant a, en outre, subi un renflement du côté intérieur, afin de permettre aux taquets de la barre à talons de mordre davantage sur le pied et d'assurer l'abatage dans des conditions aussi satisfaisantes que possible.

Les trois axes de rotation de la hausse, du chevalet et de l'arc-boutant ne sont pas dans le même plan. Un pareil tracé aurait conduit en effet à accroître la saillie de la hausse couchée sur le radier ou la distance entre les têtes du chevalet et de l'arc-boutant. Dans le premier cas, on eût aggravé l'écueil que la hausse tombée forme pour la navigation, quand les bateaux ne trouvent plus au-dessus de la passe que la hauteur d'eau strictement suffisante.

Dans la seconde hypothèse, le calcul montre qu'on eût augmenté la valeur des forces qui tendent à tirer le cheval et à comprimer l'arc-boutant.

Ces efforts, dont nous donnons plus loin l'évaluation, sont minima lorsque l'axe des colliers est dans le même plan horizontal que la tête de l'arc-boutant; mais ils ne varient pas de plus d'un dixième quand l'une des deux articulations est placée à 0^m,285 au-dessous de l'autre, comme dans les hausses nouvelles. Si les deux axes coïncident, le support commun se prête difficilement aux remplacements partiels, et un accident survenant aux colliers ou à la traverse supérieure du cheval et entraîne la dislocation de tout le système d'appuis, c'est-à-dire la chute de la hausse. Avec deux axes séparés, au contraire, on peut, sans danger, remplacer l'arc-boutant en retenant la hausse par le chevêtre de volée; et une rupture des colliers ou des tourillons supérieurs du cheval n'empêche pas la hausse de rester appuyée. Il a donc paru utile de ne pas placer la tête de l'arc-boutant en haut du cheval; et en l'établissant plus bas, on a diminué la longueur de cette pièce sans augmenter sensiblement la traction sur le cheval et, par suite, la force d'arrachement sur le seuil.

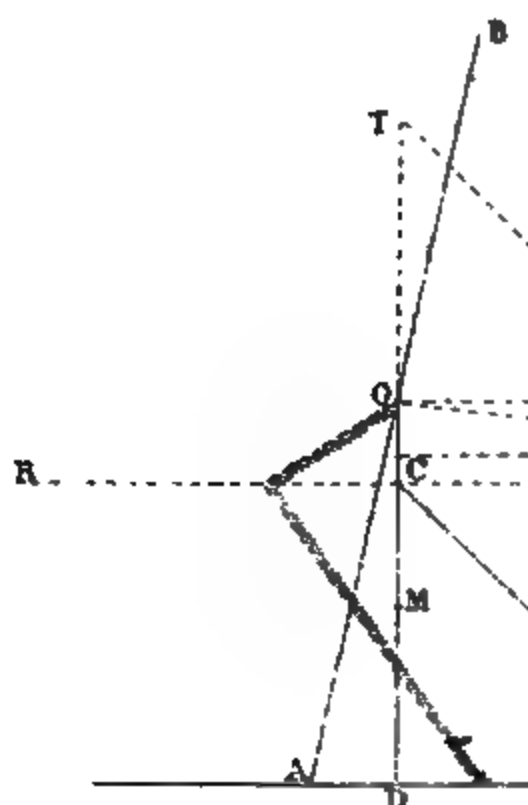
Enfin la hausse a été munie, à la partie supérieure, d'une vanne à axe horizontal ou vanne papillon (*fig. 1*), qui offre, ainsi que nous l'expliquerons dans un paragraphe spécial, de nombreux avantages pour le règlement des biefs et la manœuvre des hausses.

On voit, d'après la description sommaire qui précède, que les organes essentiels des appareils transformés ne diffèrent pas sensiblement des mécanismes employés par M. Chanoine. Toutefois les conditions de résistance et de stabilité des hausses sont profondément modifiées par le déplacement de l'axe de rotation ainsi que par la manœuvre des papillons, et il nous paraît utile de les examiner dans un chapitre spécial.

RÉSISTANCE ET STABILITÉ DES MÉCANISMES.

Résistance. — Le calcul des pièces de charpente et des parties métalliques peut être fait aisément à l'aide des méthodes indiquées par MM. Chanoine, de Lagrené et Boulé; il sera, dans tous les cas, facile, lorsqu'on aura déterminé la nature et la valeur des forces appliquées sur la hausse, sur le chevalet et sur l'arc-boutant. La disposition nouvelle qui réporte la tête de cette dernière pièce au-dessous des colliers change la répartition des efforts, et son influence sur la traction du chevalet est assez sensible pour que l'évaluation de la force d'arrachement soit l'objet d'une étude particulière. Nous réduirons donc l'examen des questions théoriques soulevées par l'application des nouvelles hausses à la décomposition des forces, dues à l'action de l'eau, suivant les pièces principales du système; et nous laisserons de côté la justification des dimensions assignées aux différents organes des appareils.

En ramenant les pièces à leurs axes de figures, et en supposant qu'il n'y ait pas d'eau en aval, on trouve que la pression sur le panneau AB de la hausse, à l'altitude de la retenue, est de 7 877 kilogrammes. Une composante de cette force est détruite par la résistance du seuil. Une autre, égale à 5 342 kilogrammes, est appliquée normalement à la hausse en son point d'appui O : elle se décompose en deux, l'une de 1 422 kilogrammes comprimant la partie supérieure du chevalet, et l'autre horizontale $F = 5\,419$ kilogrammes.



Le chevalet OD peut être considéré comme une pièce encastrée au point D, soutenue à l'articulation C de boutant CE, et soumise en dehors des points d'appui force normale F. La réaction R de l'appui C s'obtient prenant par rapport à un point M, situé entre C et D, moments des forces qui s'exercent au-dessus de ce point en posant :

$$OD = A, \quad CD = a \quad \text{et} \quad MD = x,$$

on aura :

$$Mx = EI \frac{d^2y}{dx^2} = F(A - x) - R(a - x).$$

Puis, en intégrant deux fois, et en remarquant que $\frac{dy}{dx}$ et y sont nuls pour $x = 0$, on calculera R :

$$R = F \frac{(3A - a)}{2a},$$

et l'on en tirera

$$Mx = \frac{F(A - a)(3x - a)}{2a}.$$

S DES BARRAGES DE LA HAUTE SE
 é, entre C et O, les moments ser
 le

$$Mx = F(A - x).$$

le flexion qui se développent dans
 ne être représentés par les ord
 coupent l'axe au point O et au ti
 de la base, et qui ont leur somm
 zontale du point C. Cette réparti
 forme adoptée pour le chevalet
 celui d'un solide d'égale résist
 s, aux points où les moments se
 ffisante pour que la traverse supé
 issent supporter les chocs des b
 ants.

soumis à une force égale et contr
 l'intensité est de 6 583 kilogramm
 ose en deux autres, l'une de *com*
 tant, l'autre de *traction* dans le
 ette dernière qui, diminuée de l'
 le plus haut a 1 422 kilogrammes
 et qui est le plus à craindre pour l

Si l'on désigne par *b* la distance
 alet et de l'arc-boutant, la tension

$$T = R \frac{a}{b} = F \frac{(3A - a)}{2b},$$

e diminue quand *a* augmente, c'es
 chevalet se rapproche de l'axe aut
 rne.

Port-à-l'Anglais, où, pendant
 atteint 3^m,40, soit la hauteur n
 on du chevalet a été de 3 600 kilog
 Elle n'eût été que de 3 300 kilog
 alations de la hausse et de l'arc-

aient été très voisines. La disposition augmenté la force maxima d'arrachement sur le seuil que le dixième et le radier a parfaitement résisté.

Sur les autres barrages de la haute Seine dont la retenue a été exhaussée, la chute varie entre 2^m,06 et 1^m,34, la tension du chevalet est réduite, dans ces deux cas mêmes, à 3 400 kilogrammes et 2 900 kilogrammes environ.

On peut d'ailleurs remarquer que, si l'on regarde le chevalet, non pas comme encastré, mais comme simplement posé à sa base, la réaction R devient égale à $F \frac{A}{a}$, et la tension à $F \frac{A}{h}$.

La force d'arrachement est donc rigoureusement la même en admettant cette hypothèse ou en plaçant la tête de l'arc-boutant au niveau des colliers.

La composante de la pression de l'eau dirigée suivant le chevalet a l'inconvénient de soulever le coin qui emprisonne la hausse. Il arrivait quelquefois que, le chevalet sortant des sapaudines, la hausse était projetée sur le radier. Cet accident ne se produit plus depuis qu'on a relié le coin au radier à l'aide d'une simple goupille (Pl. 16, fig. 5) imaginée par l'éclusier-chef de Port-à-l'Anglais et munie d'un œil qui permet de la retirer quand on veut enlever le coin pour poser la hausse.

Stabilité. — La position de l'axe de rotation influence de manière capitale sur la stabilité des hausses et sur les mouvements spontanés qu'elles peuvent subir lorsqu'elles sont dans les biefs d'amont et d'aval.

Les anciennes hausses basculaient avec une lame d'épaisseur de 0^m,10 à 0^m,20 et une hauteur d'eau, en aval, de 1 à 2 mètres. Ces circonstances se rencontraient fréquemment, et le basculement des passes navigables était un phénomène constant pendant les années pluvieuses. En 1871, sur 215 journées où les barrages ont été debout, il y

eu 202 pendant lesquelles des hausses se sont inclinées d'elles-mêmes, et le nombre moyen de hausses en bascule a été de 18 par jour, soit une hausse et demie en moyenne par barrage. Ces mouvements étaient dangereux, non seulement par les dénivellations brusques qu'ils pouvaient entraîner de proche en proche dans les biefs successifs, mais encore par les courants intenses qu'ils déterminaient en aval et qui affectaient surtout la sortie des écluses. La navigation souffrait de cet état de choses, et il était indispensable d'y remédier en relevant l'axe de rotation, comme M. Boulé l'avait déjà fait au pertuis de Port-à-l'Anglais.

Les méthodes employées jusqu'à présent pour l'examen des conditions de stabilité dans lesquelles se trouvent les hausses Chanoine nous paraissent pouvoir être simplifiées par la construction d'une épure (*fig. 9*) donnant la solution immédiate des différents problèmes et permettant d'étudier les diverses combinaisons qui provoquent le basculement, lorsqu'une crue fait déverser l'eau d'amont sur la crête de la passe et monter l'eau d'aval à un niveau quelconque, inférieur à l'altitude de cette crête.

L'équilibre sera sur le point d'être détruit, à l'instant où les moments des pressions par rapport à l'axe de rotation O seront égaux de part et d'autre de cet axe.

tre-pressions, pour des ordonnées figurant, entre $y = 0$ et $y = H$, la hauteur de l'eau dans le bief inférieur. Cette courbe, qui présente un point d'inflexion pour $y = h$ et deux tangentes verticales pour $y = 0$ et $y = 2h$, a été tracée par points sur l'épure (Pl. 16, fig. 9).

La tendance au basculement, produite par l'eau d'aval, sera contre-balancée par la pression directe de l'eau qui s'exerce en amont. Cette pression aura pour valeur

$$P = 1,25 \times \frac{1000 H (2y - H)}{2 \cos \alpha}, \text{ en appelant } H \text{ la hauteur de}$$

la hausse; son bras de levier sera $\lambda = \frac{h}{\cos \alpha} - \frac{H (3y - 2H)}{3 \cos \alpha (2y - H)}$,

et le moment de cette pression sera donné par la formule

$$P \lambda = \frac{1250 H}{6 \cos^2 \alpha} [3 h (2y - H) - (3y - 2H)], \text{ de sorte que,}$$

avec les mêmes notations que ci-dessus, la droite

$$x = -3H(H - 2h)y + H^2(2H - 3h) \quad (2).$$

aura ses abscisses proportionnelles aux moments des pressions, lorsque l'eau s'élèvera au-dessus de la retenue normale d'une quantité $y - H$. Cette droite est tangente à la courbe (1) pour $y = H$, et, considérée seulement pour des hauteurs d'eau supérieures à la crête des hausses, elle prolonge sur l'épure la courbe représentant les moments des compressions.

Il est aisé de reconnaître que les points d'intersection de la courbe et de la droite par une même ligne verticale indiqueront les hauteurs d'eau d'amont et d'aval qui, *obtenues simultanément*, donneront un moment de contre-pression égal au moment de la pression, c'est-à-dire mettront la hausse à l'état d'équilibre, au point où elle va basculer.

La même épure a été tracée en pointillé pour la hausse ancienne, et la comparaison des deux systèmes ressort du tableau suivant :

sur la crête des hausses.	Ancienne.	Nouvelle.	Ancienne.	Nouvelle.
0,00	2,15	3.		
0,10	2,04	3.		
0,20	1,93	3.		
0,30	1,84	3.		
0,40	1,75	3.		
0,50	1,65	■		
0,60	1,58	3.		

Ces résultats des calculs concordent d'une manière très sensible avec les données de l'expérience, et les écarts que nous avons constatés ou qui se rapportent à des observations antérieures n'excèdent guère une dizaine de centimètres.

Il arrive assez fréquemment sur la haute Seine qu'une faible crue, un flot accidentel causé par un orage, par une fausse manœuvre ou par une éclusée des cours d'eau supérieurs, surprend les éclusiers, notamment la nuit, et fait monter les eaux de 0^m,20 à 0^m,30 au-dessus de la retenue normale. Avec les anciens barrages, il suffisait que l'eau d'aval s'élevât à 1^m,84 et 1^m,93 sur le radier. pour que les passes, ou du moins certaines hausses, se missent en bascule : nous avons vu plus haut que cette inclinaison spontanée était un phénomène fréquent. Si l'on ne pouvait pas profiter de la première baisse qui suivait le flot pour relever les hausses, un affameur était inévitable, et le mouillage normal n'était plus assuré. Aujourd'hui il faudrait, pour que le même accident se produisît, que le bief d'aval fût tellement plein que la chute se réduisît à 0^m,40 ou 0^m,50, ce qui en réalité, est tout à fait inadmissible.

Les crues moyennes, qui exigent l'ouverture des déversoirs, peuvent diminuer la chute jusqu'

Toutes les anciennes hausses basculaient inévitablement dans ces conditions, et on n'avait alors d'autre ressource que d'ouvrir le barrage en entier. Les nouveaux engins ne peuvent s'incliner qu'avec une lame déversante de $0^m,60$, et une pareille surélévation suppose une crue assez forte pour qu'on ne soit plus maître de la retenue et pour qu'on doive, dans tous les cas, abattre la passe navigable.

Les formules et l'épure font reconnaître que la hausse serait absolument fixe dans une eau animée d'une vitesse négligeable, si l'axe de rotation était placé exactement au milieu. Mais cette stabilité complète peut être obtenue d'une manière effective dans un courant, même avec un axe situé un peu plus bas, en diminuant la pression sur la volée de la hausse par une ouverture qui laisse écouler une certaine tranche d'eau. Cette solution a été appliquée par M. l'Ingénieur en chef Boulé aux anciennes hausses de plusieurs barrages, pour retarder l'instant du basculement. Elle a été généralisée sur les passes transformées, et toutes les hausses nouvelles présentent cette section d'écoulement supplémentaire qui est ouverte ou fermée à l'aide d'une vanne à axe horizontal ou *vanne-papillon*.

VANNES-PAPILLONS.

L'ouverture, fermée par les papillons, se trouve immédiatement au-dessous du chevêtre de volée (Pl. 16, *fig. 1*); sa largeur est de $0^m,65$ et sa hauteur de $1^m,02$. La vanne laisse un jeu de $0^m,01$ sur son pourtour; elle n'a que $0^m,63$ de large sur 1 mètre de haut. Son panneau est composé de trois planches verticales, de $0^m,05$ d'épaisseur, réunies et consolidées du côté d'aval par une bande de fer dont les extrémités sont recourbées. Un boulon traverse chacun des retours d'équerre et le montant voisin de la hausse : il constitue l'axe de rotation de la vanne, placé au tiers de la hauteur.

L'inclinaison du papillon ouvert est limitée par une plaque de tôle boulonnée sur la culasse, ayant $0^m,70$ de largeur, et empiétant ainsi de $0^m,025$ sur la face intérieure des montants. Ce rebord vient rencontrer la charpente de la hausse au point voulu pour l'arrêt.

Un taquet en bois, fixé sur la volée de la vanne, maintient la hausse horizontalement contre l'arc-boutant, lorsque le barrage est couché.

Pour ouvrir les papillons, il suffit de donner un coup de roc dans la volée, et, pour les fermer, d'attirer à soi la partie antérieure de la vanne au moyen d'une gaffe.

L'influence de ces engins, mise en évidence par M. Boule dans son article sur le barrage de Port-à-l'Anglais (*Annales* 1873, 2^e semestre), se manifeste dans toutes les circonstances spéciales que présente la manœuvre des barrages, pour le règlement ordinaire des biefs et l'écoulement des petites crues, pour la stabilité des hausses quand les crues sont fortes et tendent à faire basculer les passes, et enfin pour le relèvement des barrages à la fin de ces grandes crues.

En temps normal, les papillons peuvent être employés concurremment avec le déversoir, afin de maintenir le plan d'eau à sa retenue réglementaire. Leur abatage et leur remise sont très faciles à opérer : il suffit d'approcher de la crête à l'aide d'un simple batelet, et les éclusiers considèrent le fonctionnement de ces engins comme tellement assuré qu'ils ont une tendance manifeste à régler leurs biefs par les papillons plutôt que par les ouvrages mobiles des déversoirs. Le seul danger qu'il y ait à craindre est que l'ouvrier monté sur le batelet ne soit entraîné par le courant quand l'eau surmonte la crête des hausses. Afin de prévenir toute chance d'accident, l'éclusier doit, lorsqu'un flot arrive, ouvrir son déversoir suffisamment pour faire baisser le niveau d'amont un peu en contre-bas de la retenue, et combattre ensuite la tendance à la montée de l'eau par l'ouver-

ture des papillons. Cette manière de procéder n'a pas d'inconvénients, si la pente de la rivière est assez forte pour que le léger abaissement du plan d'eau ne fasse pas tomber le mouillage au-dessous de la cote normale. Aussi les vannes-papillons doivent-elles être, à notre avis, non pas utilisées en temps de sécheresse, sur des flots accidentels, mais réservées pour le passage des petites crues, auxquelles elles peuvent donner un écoulement rapide et sûr.

La position de l'axe de rotation permet, en théorie, l'ouverture spontanée des vannes lorsqu'il y a sur la crête des hausses une lame déversante de 0^m,20 à 0^m,30. Mais rien n'est capricieux comme un papillon : le moindre corps étranger, le plus petit brin d'herbe qui s'attache au boulon de rotation, suffit pour arrêter toute espèce de mouvement automobile, et le mieux est de manœuvrer ces engins sans se fier à l'action naturelle de l'eau.

Il importe que tous les papillons soient ouverts lorsque l'importance de la crue augmente et qu'on entrevoit l'obligation de couler les barrages. Car si l'axe de rotation des hausses n'est pas exactement placé au milieu, c'est la diminution de pression sur la partie de la volée ouverte par la vanne qui assurera la stabilité complète du barrage. Cet effet des papillons a été reconnu sur toutes les passes qui sont surmontées par les hausses que nous avons décrites, et dont aucune n'a basculé depuis qu'elles sont en place. A un des barrages qui n'ont pas été surélevés, nous avons pu constater l'action des vannes sur l'équilibre des hausses, dans une expérience directe qui nous a été fournie par une fausse manœuvre. Ce barrage a des hausses de 3 mètres analogues aux anciennes, mais portant comme les nouvelles un axe de rotation relevé vers le milieu de la hauteur. Le 15 juillet 1882, un flot brusque surprit l'éclusier. Celui-ci n'eut le temps d'ouvrir ni le déversoir ni les papillons, qui avaient été coincés pour en empêcher l'inclinaison pendant la sécheresse de l'été dernier. L'eau déversa de 0^m,27 sur la

crête des hausses, et monta en aval à 2^m,60 sur le seuil. Une hausse bascula ; toutes les autres, en état d'équilibre instable, se balançaient dans le courant. En mouillant une ancre, on put aborder la passe avec un batelet et ouvrir les papillons. Immédiatement les hausses devinrent absolument immobiles sur leurs chevalets.

Donc, avec un axe établi vers le milieu de la hauteur et des vannes-papillons ouvertes, les hausses Chanoine resteront tout à fait fixes sous l'action d'une forte crue, jusqu'au moment où l'on sera forcé de les coucher sur le radier.

Dans cette manœuvre d'abatage, la vanne-papillon vient rencontrer l'arc-boutant, et si l'angle suivant lequel ces deux pièces se touchent est voisin d'un angle droit, la vanne reste debout en supportant la partie supérieure de la hausse. Le moindre inconvénient qui puisse alors se produire, c'est que l'axe cède et que le papillon soit arraché. Mais si le support résiste, la hausse fait une saillie de près de 0^m,80 sur la maçonnerie du radier et constitue un obstacle très dangereux pour la batellerie. Il faut, pour que la vanne glisse sur l'arc-boutant, qu'elle tombe sous un angle aigu que l'expérience seule a pu indiquer, ou, en d'autres termes, que l'ouverture soit limitée par une plaque d'arrêt. L'inclinaison adoptée est telle que la vanne se place horizontalement lorsqu'elle est ouverte, barrage debout.

Les premiers papillons que nous avons adaptés aux hausses de 3^m,40 ne comportaient pas de taquets destinés à les faire reposer sur les arcs-boutants, au fond de l'eau. Sous la chute permanente du barrage, qui n'est pourtant que de quelques centimètres, les vannes s'ouvraient jusqu'à ce que la volée vînt toucher l'arc-boutant, et la culasse se relevait de 0^m 10. Quand le mouillage sur la passe était voisin du tirant d'eau normal, les bateaux accrochaient à portion en saillie, le papillon était brisé, et le choc avait quelquefois une violence assez grande pour que la coque

des bateaux fût elle-même endommagée. Tout danger a disparu avec le taquet de soutien.

Après la crue, le moment vient où l'eau tombe sur les buscs aval des écluses à la cote du mouillage normal, et où il est absolument nécessaire de mettre debout les passes navigables pour rétablir la retenue artificielle. Cette opération présentait autrefois des difficultés sérieuses, et les obstacles s'accumulaient au fur et à mesure que le relèvement des hausses rétrécissait la section d'écoulement. Si la chute atteignait 0^m,60 ou 0^m,80 sur les dernières hausses à mettre debout, l'effort à vaincre pour tirer la volée au-dessus de l'eau exigeait la force de 4 ou 5 hommes. Dès que la pression était prépondérante sur la culasse, la hausse se redressait brusquement et venait heurter violemment le seuil. Ces difficultés et ces inconvénients disparaissent presque entièrement avec les vannes-papillons.

En ayant soin d'ouvrir ces engins sur les hausses qui sont déjà en place, on donne un écoulement supplémentaire qui rend la chute du barrage pendant le relèvement beaucoup moins forte que si le débit de la rivière s'effectuait par le déversoir seul. Cette inclinaison des papillons s'opère même naturellement, par l'effet de la chute, lorsqu'on attire la hausse à soi après l'avoir gaffée, et la pression de l'eau est diminuée suffisamment sur la volée pour que la hausse se mette debout toute seule, dès que l'arc-boutant est dans son heurtoir. La manœuvre se réduit donc aux mouvements suivants : l'éclusier saisit le chevêtre de culasse avec une corde, les aides enroulent cette corde sur le treuil du bateau de manœuvre, jusqu'à ce que le pied de l'arc-boutant soit en place ; puis, en imprimant au tambour une rotation inverse, ils retiennent la hausse, qui se relève spontanément et se met debout aussi doucement que la corde du treuil s'est déroulée lentement.

Il résulte toutefois d'expériences faites au barrage d'Abblon que cette automobilité au relèvement cesse lorsque la

chute atteint environ 1^m,30 ; mais qu'il suffit de l'effort exercé par deux hommes sur la volée pour déterminer le mouvement ; et d'ailleurs ce n'est pas le panneau de la hausse qui constitue, dans de pareilles conditions, la principale difficulté, mais bien l'arc-boutant qui oscille dans le courant et qu'on ne peut mettre dans son heurtoir qu'à l'aide de vannages provisoires amortissant la vitesse de l'eau.

Quoi qu'il en soit, le surhaussement de l'axe de rotation et l'emploi des vannes-papillons ont rendu beaucoup plus simple et, par conséquent, beaucoup plus courte la manœuvre des passes navigables. Si l'on prend pour exemple le barrage de Port-à-l'Anglais, dont la passe à quarante-deux hausses, on trouve qu'avec les anciens ouvrages la durée moyenne de quinze manœuvres de relèvement, effectuées de 1872 à 1880, a été de quatre heures, tandis que les trois manœuvres opérées avec les nouvelles hausses les 16 novembre 1880, 30 mars et 20 avril 1881 n'ont exigé que 1^h,10, 1^h,49 et 1^h,13.

MODE D'EXÉCUTION ET DÉPENSES DES TRAVAUX.

Les douze passes navigables de la haute Seine ont été transformées : neuf ont reçu les hausses de 3^m,40, trois dont la retenue n'était pas surélevée ont été surmontées de hausses ayant 3 mètres seulement de hauteur et offrant des dispositions semblables à celles qui viennent d'être décrites.

Le nombre total des hausses fournies a été de 491, parmi lesquelles 460 ont été mises en place, les autres étant conservées en magasin comme appareils de rechange.

La dépose des anciens appareils et la pose des engins neufs ont été exécutées barrage debout, sans faire baisser la retenue, et sans construire de batardeaux, à l'procédé qui était déjà appliqué dans le service remplacement des ouvrages mobiles.

La méthode représentée sur la figure 7 de la planche 16 est la suivante :

1° On pose contre les deux hausses contiguës à celles qu'on veut enlever un vannage en bois (*fig. 7 et 8*) dont la crête dépasse le niveau de la retenue d'amont, dont la traverse inférieure s'applique contre le radier, et qui supporte la charge de l'eau pendant l'opération.

Ce vannage est constitué par des bordés en planches, s'appuyant sur des montants verticaux et des traverses horizontales. Il a en plan la forme d'un U : les branches s'appliquent contre les hausses voisines, et la table se trouve ainsi détachée complètement de l'appareil à ôter ou à placer. Comme le panneau du vannage présente une certaine surface au courant, et que, s'il était plein, il serait difficile à poser à l'endroit même qu'il doit occuper, on ménage, à la partie supérieure, une ouverture qu'on bouche avec de petites aiguilles, quand l'appareil est bien installé.

2° On saisit *de l'amont* le chevêtre de volée de la hausse ancienne, préalablement sortie de ses colliers, et on enlève cette hausse au moyen d'une chèvre et d'un treuil établis sur un bateau, jusqu'à ce que le chevêtre de culasse soit bien dégagé.

3° On amène la hausse sur le plancher d'un bateau placé *en aval*, en déroulant la corde du treuil d'amont.

4° On accroche à cette corde la hausse nouvelle, préalablement déposée sur le plancher ; on l'élève dans la position que l'ancienne occupait au moment où on l'a saisie d'aval ; on la laisse descendre lentement en la guidant par l'aval jusqu'à ce que la traverse inférieure du chevalet repose sur le radier ; enfin, on fait glisser les tourillons dans les colliers et on place le coin à l'aide du plongeur.

On comprend que le vannage, tout en maintenant la retenue pendant la manœuvre, supprime les courants directs et latéraux, au droit de l'engin à placer ; qu'il rend

l'eau tranquille en aval, permet de fixer une échelle pour descendre en sûreté sur le radier, et facilite singulièrement le travail du plongeur. C'est avec ce procédé qu'on a en place les 460 hausses neuves de la haute Seine raison de deux en moyenne par jour.

La dépense des travaux s'est élevée sur les passes navigables à 406 679^f,50; elle ressort à 828^f,26 pour hausse, y compris les frais de mise en place, qui peuvent être évalués à 35 francs environ.

DÉVERSOIRS.

Les anciens déversoirs étaient pourvus de hausses Chanoinne. Un encoffrement en charpente supportait un radier dont le seuil se trouvait plus élevé de 1 mètre que celui des passes navigables. Les hausses régulatrices avaient ainsi une hauteur de 2 mètres. On les manœuvrait au moyen d'un treuil qui roulait sur une passerelle portée sur des fermettes.

La décision ministérielle du 2 janvier 1878, qui a approuvé l'avant-projet des travaux destinés à augmenter le tirant d'eau sur la haute Seine, a spécifié, conformément à un avis du Conseil général des Ponts et Chaussées, que les déversoirs nouveaux seraient munis de fermettes d'aiguilles à tous les barrages dont la retenue devait être exhaussée. Le système Chanoinne était maintenu uniquement sur les ouvrages dont le bief amont ne subissait aucun relèvement.

D'après les dispositions de l'avant-projet, le radier existant était remplacé par un radier en maçonnerie, au-dessus duquel on a construit un nouveau radier en béton dans le bief de l'ancien coffrage, pendant un chômage qui permettait d'abaisser le niveau des biefs et de démolir les parties fixes. C'est ainsi qu'a été opérée la transformation du déversoir de Port-à-l'Anglais. Mais n

fûmes bientôt obligés de changer ce mode de construction. D'une part, en effet, le développement du trafic entraîna la suppression des chômages ; et les affameurs, inévitables pendant le remplissage des biefs, occasionnaient dans la traversée de Paris des dénivellations très nuisibles à la circulation des bateaux-omnibus. D'autre part, on reconnut que plusieurs des déversoirs, exécutés dans des conditions très économiques, n'étaient pas capables de supporter les nouvelles charges qui leur seraient imposées. L'encoffrement, qui avait été rempli de pierres cassées ou de cailloux, surmontés d'une épaisseur de béton égale à 1 mètre, était devenu un véritable crible à travers lequel le bief d'amont se vidait dans celui d'aval.

L'Administration supérieure approuva alors un nouveau programme : les travaux ont été exécutés barrages debout, en reconstruisant les déversoirs dont la solidité était compromise, et en économisant la modification des radiers sur les déversoirs qui offraient une résistance suffisante. Ceux-ci ont été surmontés de hausses Chanoine de même type que les anciennes, sauf en ce qui concerne la charpente qui a été renforcée comme dans les passes, et la hauteur qui a été augmentée de 0^m,40. Ceux-là, établis en amont des premiers barrages, qui leur ont servi d'arrière-radiers, ont été formés par des aiguilles, suivant la disposition approuvée dans l'avant-projet pour les nouveaux ouvrages mobiles.

Les hausses Chanoine ressemblent d'une façon trop directe aux appareils construits primitivement pour qu'il soit nécessaire d'en exposer le mécanisme.

Quant aux déversoirs Poirée (Pl. 17), leur coupe est figurée sur la figure 2, et elle reproduit les installations ordinairement adoptées dans ces travaux. Les fermettes (*fig.* 3 et 4), ont une hauteur de 3 mètres et sont constituées par des fers en U, dans le système employé sur la Saône. Elles pèsent 248 kilogrammes. Les aiguilles, de 3^m,50 de lon-

ur et de $\frac{0,08}{0,08}$ d'équarissage, son

t de manœuvre dont nous avons
it dans un article spécial in
tembre 1881 (page 220). Le tra
ière au moyen d'un chariot qui
er fixé sur la traverse supérieure
xolonge sur le terre-plein du ha
gasin (*fig. 1*), et les appareils n
is très facilement du déversoir au

Le plancher de la passerelle, au
niveau de la retenue, est mainte
ue de la fermette au moyen d'un
giné par M. le conducteur Bert
chaque fermette porte deux co
ne goupille fixe, l'autre d'un ann
ajetties par des brides dont les e
s d'équerre. L'une de ces extrémités est percée d'un
1 et correspond à la goupille; l'autre, repliée sur elle-
me en forme cylindrique, présente en son milieu une
ancrure légèrement plus large que l'anneau fixe de
uerre, de telle sorte que la partie évidée de la bride
sse coiffer ledit anneau, et qu'alors les trous de l'anneau
le la bride soient dans le prolongement l'un de l'autre et
stituent une véritable charnière de fenêtre. Pour fixer
planches, on fait pénétrer la bride dans la goupille fixe,
place l'anneau entre les branches de l'autre extrémité,
on passe une goupille mobile dans la charnière.

Nous avons montré dans la note de septembre 1881
avantages des crochets pour la manœuvre des
des aiguilles. Nous n'y reviendrons que pour confirmer
résultats obtenus avec ce système. La crémaillère dont
s nous étions servi primitivement pour l'arrachage a
supprimée en pratique par les échouiers, qui soulèvent

les aiguilles simplement avec un morceau de bois appuyé sur les crochets voisins et formant levier sur le crochet de l'aiguille à enlever. La crémaillère est réservée uniquement pour les aiguilles isolées, et encore peut-on dans ce cas prendre appui sur un tasseau mobile. Cette manière d'opérer est du reste celle qui a été primitivement adoptée au barrage de Roanne, le premier dont les aiguilles aient été munies de crochets. Nous avons pensé que, nos barrages comportant des engins plus lourds, il était nécessaire d'employer des procédés mécaniques plus puissants; mais l'expérience a confirmé pour les crochets une règle qui est vraie pour toutes les parties d'un barrage et qui veut que le procédé le plus simple et le plus rustique soit toujours le meilleur.

Les essais réalisés au déversoir d'Ablon nous ont montré que l'enlèvement et le transport en magasin de 20 aiguilles de 3^m,50 exigent une durée moyenne de 12 minutes, se décomposant ainsi :

Inclinaison des 20 aiguilles à l'aide du levier	2 minutes,
Enlèvement et charge sur le chariot.	6
Transport au magasin, décharge, rangement des aiguilles, retour du chariot sur le déversoir	4
Ensemble.	12 minutes.

On peut donc en 10 minutes dégriller un nombre de travées occupé par 100 aiguilles, et effectuer le rangement complet de ces aiguilles en une heure. Cette vitesse de manœuvre permet d'ouvrir en 1 heure 20 minutes et de débarrasser entièrement en moins d'une journée un déversoir de 800 aiguilles, analogue à ceux de la haute Seine.

La dépense du déversoir d'Ablon, qui est de tous les déversoirs exécutés celui qui aura coûté le plus cher, tant à cause des difficultés de fondation que de la valeur des

matériaux de construction, est revenue pour une longueur totale de 70^m, 10.

Cette dépense comprend :

L'établissement des maçonneries et de
une somme de.

et la confection des ouvrages mobile
pour.

Le prix par mètre courant resson
à 3 820^f, 43, savoir :

Parties fixes

Parties mobiles

RÉSUMÉ.

Passes navigables. — Les hausses Cl navigables, ayant leur axe de rotation ve hauteur, et munies de vannes-papillo sur la haute Seine une situation q primitifs avaient déjà rendue très bonne. Les seuls incon- vénients des hausses anciennes étaient leur manque de solidité, leur basculement spontané, leur grande résistance au relèvement. Les nouveaux engins sont plus forts; leur stabilité est complète, et ils se mettent debout par la seule prédominance de la pression de l'eau sur la culasse.

Quelques Ingénieurs ont émis l'opinion que le mode de fermeture était assez indifférent sur les passes navigables, parce qu'on les abat rarement, tandis qu'il acquiert une grande importance su les déversoirs qu'on ouvre ou ferme d'une façon constante. Il est certain que l'influence du sys- tème se fait d'autant plus sentir que les manœuvres sont plus fréquentes. Mais il nous semble qu'il y a une condi- tion essentielle à remplir dans les pertuis, c'est la rapidité de l'abatage et du relèvement. Il faut, le plus vite possible, livrer le chenal de la passe à la navigation, aussitôt que la

crue le permet. Il est nécessaire de rétablir la retenue artificielle dès que le niveau des eaux s'est abaissé en rivière libre au-dessous du mouillage normal. Or, les hausses Chanoine perfectionnées remplissent entièrement cette condition, puisqu'il suffit de quelques minutes si l'on veut les abattre, et qu'une passe de quarante-deux hausses ne demande guère plus d'une heure pour être relevée.

Toutefois l'usage du bateau de manœuvre, s'appuyant sur les hausses déjà en place pour mettre debout les hausses voisines, oblige à retarder la fermeture des passes jusqu'à ce que l'eau soit tombée notablement en contre-bas de la retenue. Sur la haute Seine, cette revanche indispensable est de 1 mètre. Si la pente totale des biefs excède cette hauteur, il y a encore assez d'eau sur le busc aval de l'écluse d'amont au moment où l'on peut boucher la passe navigable. Mais si cette pente est moindre, si une dérivation est établie dans le bief avec un plafond réglé dans l'hypothèse d'un plan de retenue correspondant exactement à la crête des hausses, le tirant d'eau n'est plus assuré dans la rivière pendant les quelques jours qui précèdent l'instant où la baisse des eaux rend possible la fermeture des passes.

Ces circonstances ne se produisent pas entre Paris et Montereau, et il y a encore plus de 2 mètres sur les buscs des écluses quand on entreprend la manœuvre des passes en aval. Il n'a donc pas été nécessaire d'installer en amont des passes navigables des fermettes portant une passerelle et un treuil, qui permettent le relèvement sans point d'appui sur les hausses. On se sert d'un bateau de manœuvre semblable à celui qui avait été construit par M. Chanoine, mais plus stable et plus fort; et parmi les opérations que nous avons faites avec ces engins, aucune n'a manqué.

Déversoirs. — Le fonctionnement, sur une même rivière, de hausses Chanoine et d'aiguilles surmontant des déver-

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

nstruits dans des conditions de longueur et de identiques a donné des résultats comparatifs qu'il e intéressant de signaler. De nombreux mémoires écrits sur les mérites relatifs des deux systèmes, et arguments ont été mis en avant pour les défendre, semblerait prouver *a priori* qu'ils ont tous deux ntages incontestables.

le monde est d'accord pour admettre la supériorité illes lorsque leur longueur ne dépasse pas 2^m,50 et ute du barrage est faible. Or, les aiguilles de 3^m,50 si facilement maniables avec les crochets qu'aver ensions beaucoup moindres ; elles sont d'un usage , et si les crues de la rivière sont assez lentes pour e soit pas gagné par les eaux en dégrillant 100 ai- ar intervalles de dix minutes et en les rangeant e dans un délai total d'une heure, l'adoption du sys- irée n'aura d'autre inconvénient que d'empêcher versement superficiel. Le règlement du bief sera entier entre les mains de l'éclusier, qui ne pourra ni sur un écoulement par-dessus la crête du bar- sur une ouverture spontanée des ouvrages mobiles. i, par contre, n'aura à manipuler que des engins s, relativement petits, modifiant la section d'écoule- ec autant de lenteur qu'il le voudra, et exempts de pèce de dangers.

hausses Chanoine offrent au courant une surface is plus grande que les aiguilles, et elles exigent ois plus de force. Elles sont supportées par des umises à des chocs et à des soulèvements qui projeter hausses et hommes dans le flot du barrage. ulations des mécanismes sont des organes un peu nécessitant beaucoup de soins et assez difficiles à

noins, en prenant la précaution bien simple de e hausse à l'aide de deux chaînes, l'une agissant,

l'autre retenant, on est arrivé sur l'Yonne et la haute Seine à prévenir tous les dangers; et depuis douze ans où l'on manœuvre chaque jour 26 déversoirs Chanoine, un seul accident est arrivé, en 1873, à Villeneuve-sur-Yonne, par la faute d'un éclusier qui n'avait pas suivi les instructions de ses chefs.

Donc, si les hausses réclament plus d'effort et plus d'adresse que les aiguilles, elles n'en constituent pas moins un système d'un usage courant sur l'Yonne et sur la Seine, et dont l'application a parfaitement réussi entre Auxerre et Paris.

Ces hausses présentent deux avantages capitaux : d'une part, elles laissent passer sur leur crête une lame déversante qui permet, sans manœuvre, l'écoulement d'un flot déjà important; d'autre part, elles se prêtent à un réglage des chaînes de volée qui provoque leur basculement partiel pour une surélévation déterminée du bief d'amont. Un éclusier, averti le soir qu'un mouvement d'eau surviendra la nuit, lâche quelques maillons de la chaîne de volée si l'eau doit monter; si c'est un affameur qui va venir, il tend cette chaîne sur le pince-mailles des fermettes, et il obtient un déversoir aussi fixe qu'avec des travées d'aiguilles.

En résumé, les caractères essentiels des déversoirs à aiguilles sont la rusticité du système, la facilité et la sécurité de la manœuvre. Le propre des hausses Chanoine est d'assurer aux biefs un règlement naturel tant par la lame déversante de superficie que par une automobilité relative qui permet de disposer d'avance le barrage en prévision d'un mouvement déterminé. La préférence pour l'un ou l'autre de ces ouvrages est une question d'espèce. Sur une rivière où le régime est aussi régulier que sur la Seine, les deux systèmes sont bons : il s'agit seulement de manœuvrer à propos les hausses et les aiguilles.

(N° 30)

PAROLES PRONONCÉES
SUR LA TOMBE DE M. BRESSE

INSPECTEUR GÉNÉRAL DE DEUXIÈME CLASSE, PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES PONTS
ET CHAUSSÉES

1° PAR M. TARBÉ DE SAINT-HARDOUIN

Directeur de l'École.

MESSIEURS,

Un devoir bien triste et bien imprévu s'impose à moi dans les derniers jours de ma carrière active.

J'ai à adresser, au nom de l'École des Ponts et Chaussées, un suprême adieu au savant ingénieur, au professeur éminent dont les leçons ont jeté tant d'éclat sur notre enseignement.

Sorti de l'École polytechnique en 1843, et entré à l'École des Ponts et Chaussées à la tête d'une promotion qui a fourni un grand nombre d'ingénieurs distingués, M. Bresse, après quelques années de service dans les départements de Lot-et-Garonne et de l'Isère, s'est révélé, dès 1848, comme le digne continuateur des Prony, des Navier, des Coriolis, des Belanger, par la publication dans nos *Annales* de son premier mémoire *sur la résistance des arcs en bois ou en métal*, qui inaugurerait tant de recherches utiles au progrès de l'art des constructions.

Ce travail appela l'attention sur le jeune ingénieur, et il était immédiatement attaché comme répétiteur au cours de mécanique appliquée professé à l'École des Ponts et

Chaussées par M. Belanger, qu'il remplaçait même quatre ans plus tard, en 1853

Depuis cette époque, trente promotions d'élèves ont profité de ses leçons, et toute sa vie a été consacrée au développement de l'instruction scientifique des jeunes ingénieurs.

En 1855 il remaniait et complétait ses études sur *la résistance des pièces courbes*, et plus tard il publiait en trois volumes le résumé de ses cours sur la résistance des matériaux, l'hydraulique et les ponts métalliques.

Ces travaux, plusieurs fois réimprimés et qui ont conquis une si grande autorité auprès des ingénieurs de tous les pays, ont ouvert à M. Bresse, en 1880, les portes de l'Institut.

Dès 1851, il était attaché comme répétiteur à l'École polytechnique et il y a rempli successivement, sans interruption et jusqu'à ses derniers jours, les fonctions d'examineur et de professeur de mécanique.

Je ne saurais avoir la prétention d'apprécier ici la valeur scientifique des travaux de M. Bresse : cette tâche, déjà abordée par M. Darcel en 1855 et 1859, doit être réservée à des juges plus compétents que moi, mais il m'appartient de rendre hommage à son caractère si profondément sympathique, qui lui assurait l'amitié de tous ses collègues et le respectueux attachement de tous ses élèves ; à la rectitude inaltérable et à la sûreté de son jugement, enfin au dévouement consciencieux qu'il n'a cessé de déployer dans toutes les parties de cet enseignement auquel il avait voué toutes ses facultés et qui lui a donné en échange la juste récompense de ses travaux.

M. Bresse avait eu la satisfaction de voir son fils prendre un rang distingué dans ce corps d'ingénieurs au milieu desquels il vivait depuis trente-cinq ans et qui lui constituaient comme une seconde famille.

Il lui laisse un précieux héritage, le souvenir d'une vie toute remplie par le culte de la science et la pratique du bien.

Il y a quinze jours à peine M. Bresse a subi les examens de sortie à l'École des Ponts et Chaussées d'une indisposition dont personne ne soupçonnait la gravité, mais qui a pris subitement un caractère inquiétant. M. Bresse, un chrétien, a vu arriver sa douce et calme sérénité qui faisait le fond de son caractère au milieu des siens, les secours supérieurs de la religion.

Puissent le souvenir de cette belle vie et la réunion dans un monde meilleur adoucir les douleurs d'une mort si inopinément et si cruellement frappée.

2^e PAR M. LEFÈBRE DE

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS

Avant que cette tombe se ferme, je viens adresser à l'homme éminent que la mort vient de nous enlever quelques paroles d'adieu, au nom du Corps des Ponts et Chaussées, qui s'honorait de le compter parmi les siens.

Dès le début de sa carrière, sans toutefois se séparer de nous, Charles Bresse se sentit porté moins vers la vie active des chantiers que vers les études théoriques, indispensables aussi à l'Ingénieur pour l'élaboration des projets qu'il doit réaliser.

Ce goût pour les recherches scientifiques révélait une véritable vocation et lui fraya la voie où les succès qu'il obtint l'engagèrent à persévérer toute sa vie.

Professeur à l'École des Ponts et Chaussées et à l'École polytechnique, il forma, pour sa part, toute une génération qui lui en garde un souvenir reconnaissant, à ces

conceptions à la fois abstraites et pratiques, qui de notre art font un art libéral et restent comme un trait d'union entre l'ingénieur et le savant.

Chacun des grades de notre Corps lui fut accordé sans retard, à son heure, avec l'assentiment unanime; enfin — suprême honneur d'une carrière vouée toute entière à la science et à l'enseignement, — il y a deux ans, l'Institut lui ouvrait ses portes.

Chez lui, l'homme était à la hauteur du savant. Caractère bienveillant et affable, il attirait toutes les sympathies, conservait toutes les amitiés. Esprit ferme et droit, cœur religieux et élevé pendant toute sa vie, il ne connut que les nobles ambitions, ne voulut que le bien, n'eut d'autre règle que le devoir. Il meurt en chrétien, suivi des regrets respectueux de tous ceux qui l'ont approché, entouré de la considération publique.

Puissent ces derniers hommages, rendus à sa mémoire, adoucir — autant qu'elle peut être adoucie — la cruelle douleur que laisse sa mort prématurée et presque subite dans les cœurs de sa noble compagne et de son fils — l'un des nôtres aussi qui saura bien garder l'héritage de son nom.

5^o PAR M. PHILLIPS

MEMBRE DE L'INSTITUT.

MESSIEURS,

Je viens, au nom de l'Académie des sciences, adresser un suprême adieu à l'éminent confrère que nous venons d'avoir la douleur de perdre si inopinément. Homme de bien et de devoir, sa vie tout entière a été consacrée au travail et au culte de la science.

M. Jacques-Antoine-Charles Bres le 9 octobre 1822. Reçu à l'École il en sortit en 1843 dans le corps dont il conquist successivement celui d'Inspecteur général de deux conféré le 16 juillet 1881.

Voici quelles furent les fonctions sa carrière, et qui témoignent de sa assiduité. En 1848, peu de temps après des Ponts et Chaussées, il fut nommé professeur appliquée à cette École; puis cours à titre provisoire; enfin, en 1851, professeur titulaire de ce même cours que trente-trois ans, et il a su élever l'enseignement dont il était chargé jusqu'à la fin, c'est-à-dire

Dès 1851, c'est-à-dire à vingt-trois ans, répétiteur du cours de mécanique polytechnique; puis, en 1863, examinateur des élèves sur cette branche de la science, et enfin, en 1879, professeur titulaire de ce même cours.

On voit ainsi que, pendant de longues années, notre cher et très regretté confrère a supporté une charge très lourde par ses fonctions simultanées dans les deux importantes Écoles auxquelles il était attaché. Et cependant, il n'a jamais fléchi sous un pareil labeur et a toujours rempli sa tâche de la manière la plus méritoire.

Il a pu même trouver le temps de publier son cours à l'École des Ponts et Chaussées et a ainsi produit un ouvrage en plusieurs volumes, qui est un modèle de clarté et de science, et dans lequel il a résolu nombre de questions nouvelles et d'une grande importance. Aussi ce Traité est-il non seulement classique en France, mais encore très répandu à l'étranger, et est-il toujours consulté avec fruit par les ingénieurs et les savants.

Enfin, M. Bresse reçut le suprême honneur auquel puisse aspirer un homme de son mérite : il fut élu, le 31 mai 1880, membre de l'Académie des sciences, dans la section de mécanique, en remplacement du général Morin. Il ne semble pas que, devant cette tombe encore ouverte, on puisse entrer dans des détails étendus sur les titres scientifiques qui lui valurent cet insigne couronnement de sa carrière. On ne peut qu'en énoncer les principaux et en faire ressortir les traits les plus essentiels.

C'est ainsi que nous mentionnerons d'abord un Mémoire fort important, publié en 1854, présenté, après son impression, à l'Académie, par Combes et intitulé *Recherches analytiques sur la flexion et la résistance des pièces courbes*, accompagnées de tables numériques pour calculer la poussée des arcs chargés de poids d'une manière quelconque et leur pression maximum sous une charge uniformément répartie. Cette question, d'un puissant intérêt pour l'art de l'ingénieur, alors qu'il s'agit de la construction des grands arcs métalliques, avait été abordée par divers savants. Ainsi le problème de l'équilibre intérieur et de la flexion des pièces courbes a été, pour la première fois, étudié, dans quelques cas, par Euler en 1744. Lagrange a publié en 1769, dans les Mémoires de Berlin, un travail sur la force des ressorts pliés. La question avait été ainsi traitée à plusieurs reprises au point de vue analytique. Il restait à compléter ces recherches, afin d'en rendre les résultats utiles aux constructeurs. C'est ce que fit Navier dans son cours de mécanique à l'École des Ponts et Chaussées. Mais cet illustre savant avait cru pouvoir admettre une simplification qui entraîne, dans certains cas, des erreurs considérables. Un de nos confrères, dans son cours lithographié de l'École des Ponts et Chaussées, en 1837-1838, a le premier entrepris de combler cette lacune et il l'a fait pour le cas d'un arc soit de parabole, soit de cercle supposé chargé au milieu. M. Bresse a pu donner la solution

de cette même question dans le cas quelconque de charges isolées en ra-
gent artifice les cas de non symétrie
aussi aux cas d'une charge uniformément répartie sur
toute la longueur soit de l'arc, soit de sa projection hori-
zontale. Toutes les formules et les nombreuses tables
numériques qu'il en a déduites sont très appréciées des
constructeurs. Ses méthodes sont entrées dans l'enseigne-
ment et ont servi de point de départ à de nombreuses
recherches sur le même sujet.

Nous croyons devoir dire aussi quelques mots d'un autre
travail du même genre et d'une égale importance et qui
joint au précédent, a valu à son auteur, en 1874, le prix
Poncelet de l'Académie. Il a pour titre : « Calcul des mo-
ments de flexion dans une poutre à plusieurs travées sol-
daires », et a pour objet tout ce qui se rapporte à la théo-
rie des poutres droites métalliques comme celles des ponts
de chemins de fer. Déjà, avant M. Bresse, plusieurs auteurs
avaient traité diverses parties de la question; mais c'est
lui qui en a donné la solution sous la forme la plus com-
plète et la plus générale, et l'on jugera de l'importance de
son travail par cette circonstance qu'il forme à lui seul un
volume de près de quatre cents pages, dont la majeure
partie lui appartient.

J'aurais eu encore beaucoup de choses à dire, tant au
sujet des deux Mémoires de premier ordre dont je viens de
parler succinctement, que des autres, en grand nombre,
dont la science et l'art de l'ingénieur sont redevables à
notre regretté confrère. Mais en en restant là, je crois
mieux honorer la mémoire de celui dont la modestie égale
toujours le mérite, et je ne fais ainsi qu'obéir au vœu de
sa famille.

En terminant, j'ajouterai, ce qui n'est pas peu dire, que,
chez lui, les qualités morales de l'homme étaient à la hau-
teur de la valeur du savant. Sa simplicité, sa droiture

parfaite honorabilité, sa conscience scrupuleuse dans l'accomplissement de ses devoirs étaient connues de tous ceux qui l'approchaient et, en particulier, de celui qui a l'honneur, Messieurs, de vous parler et qui fut uni à M. Bresse par les liens d'une vieille amitié datant de l'époque où nous étions ensemble élèves à l'École polytechnique.

Sa veuve si cruellement éprouvée, son fils qui marche si dignement sur ses traces dans cette belle carrière des Ponts et Chaussées, ont eu, dans leur profonde douleur, la consolation suprême de le voir mourir dans les sentiments chrétiens que nous lui connaissions. Puissent les sympathies de l'Académie leur apporter aussi quelque soulagement et quelque résignation !

Adieu, cher confrère et ami. Adieu ! Au revoir !

4^e PAR M. MERCADIER

DIRECTEUR DES ÉTUDES A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

Messieurs,

Au nom de l'École polytechnique et de son Conseil de perfectionnement, j'ai le triste devoir de prendre la parole devant cette tombe prématurément et si inopinément ouverte.

C'est que celui qui vient d'y descendre a consacré à l'École la plus grande partie de sa vie.

Élève en 1841, il y rentrait comme répétiteur, en 1851, à vingt-neuf ans. Depuis ce temps, il ne l'a plus quittée. En 1863, il était nommé examinateur des élèves pour la mécanique, et pendant seize ans il en remplit l'emploi. En

devint professeur par permutation.
Enfin depuis deux ans, il fit l'inspection de l'École.

À triple point de vue seulement : mot, rappeler les mérites, tout à l'heure dignement les travaux.

leur de sortie, et, en cette élève et exerçant ainsi sa science, il possédait les qualités difficiles et délicates : la va sans dire ; l'urbanité, la sensibilité, la justesse d'appréhension scrupuleuse.

Les élèves des quinze promotions redoutaient sa sévérité, par sa justice !

Or, il était avant tout soigneux de lui-même et de son œuvre, mais que des choses étudieuses ne laissait rien à l'impression ensemble, il en perfectionnait

de nos Conseils, il y parlait avec conviction et il était de ces qualités, Messieurs, peu il était *conscientieux*, ou (expression vulgaire, incorrecte, mais expressive) c'était *ce même*. Ce fut un homme du devoir : il en avait fait profond, et l'accomplissait simplement. C'est ce qui a passé plus de trente années parmi ses collègues de la plupart, estimé de tous.

Un homme que nous venons de perdre. Cette perte pour l'École polytechnique. Elle le sait trop bien, à prendre la place qui lui est due dans cette

foule d'hommes plus ou moins éminents qui l'ont aimée et servie, et dont elle garde pieusement le souvenir.

Que ses amis, sa famille, son fils, notre jeune et cher camarade me permettent de le dire : au moment où nous adressons à cette tombe un dernier adieu, nous avons l'espoir que l'expression unanime et bien sincère de nos regrets apportera sinon une consolation impossible, du moins un adoucissement à leur douleur.

D'
E 2

un rapport de M. l'Ingénieur des Mines Perrin.

de noir animal, où l'accident s'est produit
aux récipients presque semblables servant à
noir animal qui vient d'être lavé. L'un d'eux
un cylindre de 1^m,65 de hauteur et 1^m,12 d
avec un double fond formé d'une plaque métal-
le et posée à 0^m,06 au-dessus du fond plein, et
l'un à la partie supérieure pour intr
à la partie inférieure pour la r
ce à 0^m,36 de diamètre; il se ferme
n appliqué contre les bords avec une
e de caoutchouc, maintenu dans ce
vis de pression munie d'une poignée
ormé par une barrette transversale en
oreilles, qui porte la tubulure.
ge du noir s'effectue de la manière sui-
ayant été recouvert d'une toile d'ex
le noir par l'orifice supérieur, de r
plètement le cylindre. Les deux orifi-
fait arriver la vapeur à la partie supé-
après une première et courte période
vapeur qui continue à affluer refoule]

l'eau qui occupe les interstices des fragments de noir, cette eau traverse la toile et les trous du double fond pour s'accumuler dans l'espace vide inférieur, et s'écoule par un tuyau de vidange, long de 10 mètres, débouchant à l'air libre. Lorsqu'il ne sort plus d'eau à l'extrémité de ce tuyau, mais seulement de la vapeur, l'opération est terminée; on desserre la vis, on enlève le tampon et on décharge l'appareil.

Pour éviter que le tuyau d'évacuation ne vînt à s'engorger, ce qui arrivait cependant quelquefois, il était recommandé de visiter et nettoyer, tous les quatre ou cinq jours, l'espace vide au-dessous du double fond, dans lequel pouvaient pénétrer des fragments de toile et de noir.

Le 4 avril 1882, un ouvrier, qui était chargé depuis longtemps de la conduite des deux récipients, introduisit la vapeur dans l'un deux et s'absenta pendant une heure; à son retour, il ferma le robinet d'admission, et remarquant un suintement d'eau par le joint du tampon, il voulut resserrer ce joint en agissant sur la poignée de la vis au moyen d'une forte clef servant de levier; mais la barrette se brisa et le tampon fut projeté en avant, livrant passage à un jet d'eau, de vapeur et de noir chauffé à plus de 100°, qui atteignit le malheureux ouvrier et le brûla mortellement.

La section de la barrette, au point où elle s'est brisée, est de 0^m,050 sur 0^m,020; l'aspect de la cassure semble indiquer que le fer avait été brûlé à la forge lors de la fabrication de la pièce, et ne présentait par suite qu'une résistance réduite. A 0^m,038 de la cassure, on voyait une fissure de 0^m,012 de longueur; peut-être une fissure semblable préexistait-elle dans la section de rupture. Quoi qu'il en soit, la barrette n'aurait probablement pas cédé, ou même eût-elle cédé sous l'effort exercé par l'ouvrier, il n'y aurait pas eu projection violente du tampon et des matières contenues dans le récipient, s'il n'avait pas existé à l'intérieur une pression notable. Une telle pression ne

pouvait se développer et surtout
fermeture du robinet d'admission
d'obstruction du tuyau d'échappement

En démontant le joint à bride qui réunit les deux moitiés du tuyau d'évacuation, et dans le rétrécissement formé par ce joint, on a retrouvé un tampon de chiffons provenant évidemment des débris accumulés au fond du cylindre depuis le dernier nettoyage, et refoulés dans le tuyau jusqu'à l'obstacle formé par le rétrécissement existant au milieu de sa longueur.

Aucun des deux récipients n'était pourvu d'une soupape de sûreté, parce qu'ils avaient été considérés comme fonctionnant à l'air libre, l'intérieur restant en communication avec l'atmosphère par le tuyau d'évacuation qui ne possédait aucun robinet. Toutefois, il est clair que ce tuyau de 10 mètres de longueur et 0^m,032 de diamètre ne saurait être considéré comme un des moyens de communication visés par l'article 30 du décret du 30 avril 1880, et exempt de toute pression effective nettement appréciable : d'une part, il peut s'obstruer aisément, d'autre part, le fonctionnement même de l'appareil en marche normale suppose l'existence d'une certaine pression, capable de vaincre la résistance qu'oppose au passage de l'eau une couche filtrante de 1^m,50 environ d'épaisseur de noir animal en menus fragments. Nous avons dû signaler ces circonstances, comme constituant des contraventions aux articles 30, 31 et 32 du décret de 1880.

L'accident ne se serait pas produit, ou il n'aurait pas eu la même gravité, si le récipient avait été éprouvé et pourvu d'une soupape de sûreté; cette inobservation des règlements nous paraît devoir être considérée comme la cause principale de l'accident.

Depuis lors, ces appareils ont été régularisés. Comme ce moyen de séchage est assez répandu, et que d'autres industriels pourraient considérer leurs appareils comme échap-

pant à toute réglementation, il serait utile de donner à l'accident du 4 avril une certaine publicité officielle, afin de prévenir autant que possible le retour de faits de même nature.

Avis de la Commission centrale des machines à vapeur.

Le rapport présenté à la Commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 21 novembre 1882, par M. l'ingénieur en chef Luuyt, se termine par les observations suivantes :

« Trop souvent les circonstances dans lesquelles fonctionnent des récipients sont mal appréciées, et ils se trouvent exposés à une pression effective, en prévision de laquelle ils n'ont pas été construits, et qu'ils ne peuvent supporter.

« Le genre de récipient qui n'est pas soumis au règlement est tel que la production d'une pression effective y soit aussi impossible que la production, dans un générateur, d'une pression supérieure à celle qui correspond à la charge des soupapes de sûreté. Si l'appareil ne satisfait pas à cette condition, il est soumis aux règles prescrites par le titre V du décret du 30 avril 1880.

« Il serait utile de mettre en évidence, par une insertion aux *Annales des Mines* et aux *Annales des Ponts et Chaussées*, ce nouvel exemple du danger qu'entraîne l'inobservation de ces règles. »

Cet avis a été adopté par la Commission.

N° 32

DIRECTION DE L'EXPLOITATION, DU CONTRÔLE

DIVISION DU CONTRÔLE DES COMPTES

RECETTES DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR			
	totale exploitée au 31 décembre		moyenne exploitée pendant l'année	
	1881	1882	1881	1882
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
Nord.	1.353	1.358	1.345	1.353
Est.	(a) 744	(a) 744	(a) 753	(a) 744
Ouest.	900	900	900	900
Paris à Orléans.	2.017	2.017	2 017	2.017
Paris-Lyon-Méditerranée.	(b) 4.533	(b) 4.765	(b) 4 504	(b) 4.689
Midi.	796	820	796	820
Ceinture de Paris (R. D.).	(c) 20	(c) 20	(c) 20	(c) 20
Grande-Ceinture de Paris.	(d) 34	(d) 96	(d) 34	(d) 96
Totaux et moyennes.	(e) 10.385	(e) 10.700	(e) 10.337	(e) 10.628
Nord.	675	712	670	712
Est.	2.055	2.203	2.032	2.203
Ouest.	2.223	2.247	2.179	2.247
Paris à Orléans.	2.342	2.342	2.342	2.342
Paris-Lyon-Méditerranée.	1.576	1.576	1.549	1.576
Midi.	1.518	1.518	1.518	1.518
Totaux et moyennes.	10.389	10.603	10.290	10.412
Paris-Lyon-Méditerranée (le Rhône au mont Cenis).	144	144	(f) 132	(f) 132
Réseau de l'État.	(g) 2.004	(g) 2.089	1.885	(g) 2.089
Pons à la Tremblade (h).	69	69	69	69
Limoges au Dorat (i).	56	56	53	56
Limoges à Eymoutiers (i).	41	41	41	41
Saillat à Bussière-Galant (i).	44	44	44	44
Velluire à Niort (i).	(j) 45	(j) 45	9	(j) 45
Niort à Montreuil-Bellay (i).	"	102	"	"
Vendôme à Blois et à Pont-de-Braye (i).	60	60	7	60
Cholet à Clisson (i).	"	38	"	"
L'Île-Bouchard à Port-Boulet (i).	"	28	"	"
Ribérac à Périgueux (i).	29	29	"	29
Dunkerque à la frontière belge (k).	15	15	15	15
Compiègne à Soissons (k).	32	32	18	32
Lens à Bauvin-Provin (k).	"	12	"	"
Armentières à la frontière belge (k).	3	3	3	3
Lérrouville à Sedan (l).	143	143	143	143
Bondy à Aulnay-lez-Bondy (l).	8	8	8	8
Nançois-le-Petit à Gondrecourt (l).	35	35	35	35
Gondrecourt à Neufchâteau (l).	32	32	32	32
Mirecourt à Chalindrey (l).	88	88	74	88

LICS.

STATISTIQUE DES CHEMINS DE FER.

STATISTIQUE.

PENDANT LES ANNÉES 1881 ET 1882.

	DIFFÉRENCE entre 1881 et 1882 (*)	PAR KILOMÈTRE				
		Recette totale.		Différence entre 1881 et 1882		
		1881	1882	totale (*).	pour 100 (*)	
		francs.	francs.	francs.	francs.	
4	+	3.604.805	100.262	102.182	+ 1.920	+ 1,91
5	+	866.336	73.104	75.153	+ 2.049	+ 2,80
4	+	1.523.183	94.285	95.978	+ 1.693	+ 1,80
0	+	2.025.748	60.113	61.068	+ 955	+ 1,59
2	—	4.130.269	70.470	67.676	— 2.794	— 3,96
7	+	1.980.396	85.351	87.254	+ 1.903	+ 2,23
6	—	164.602	338.076	329.846	— 8.230	— 2,43
9	+	760.830	38.300	26.449	— 11.851	— 30,94
7	+	6.436.427	76.210	75.619	— 591	— 0,78
8	+	520.789	26.565	27.019	+ 454	+ 1,71
2	+	1.559.053	34.528	34.715	+ 187	+ 0,54
3	+	2.852.066	19.926	20.721	+ 795	+ 3,99
8	+	718.076	22.023	22.342	+ 319	+ 1,45
2	+	802.306	15.299	15.545	+ 246	+ 1,61
2	+	1.064.404	19.239	19.940	+ 701	+ 3,64
0	+	7.547.244	22.021	23.375	+ 454	+ 1,93
8	—	127.788	10.000	10.000	— 968	— 1,94
6	+	2.011.357	10.188	10.364	+ 176	+ 1,73
5	+	44.748	5.517	6.165	+ 648	+ 11,75
9	+	60.732	3.875	4.752	+ 877	+ 22,63
1	+	49.373	6.228	7.432	+ 1.204	+ 19,33
0	+	31.408	2.194	2.907	+ 713	+ 32,50
5	+	229.192	5.429	6.179	+ 750	+ 13,81
6	+	69.448	"	3.157	+ 3.157	"
1	+	250.551	3.604	3.604	+ 992	+ 27,53
6	+	16.588	"	4.423	+ 4.423	"
8	+	16.588	"	2.073	+ 2.073	"
3	+	16.588	"	4.564	+ 4.564	"
8	—	16.929	11.188	9.909	— 1.129	— 10,15
4	+	103.152	8.498	8.000	— 492	— 5,49
3	+	973	"	973	+ 973	"
0	—	219	12.776	12.703	— 73	— 0,57
6	+	248.452	5.632	7.400	+ 1.768	+ 30,70
2	+	3.208	4.787	5.188	+ 401	+ 8,38
8	+	18.177	4.779	5.188	+ 409	+ 10,88
4	+	65.366	1.798	3.836	+ 2.038	+ 114,01
8	+	423.184	11.000	14.201	+ 3.201	+ 28,33

NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR			
	totale exploitée au 31 décembre		moyenne exploitée pendant l'année	
	1881	1882	1881	1882
	LIGNES APPARTENANT			
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
Andilly à Langres (<i>l</i>)	17	17	4	17
Nomeny vers Frouard et raccordement (<i>l</i>)	"	23	"	6
Toul à Colombey et Favières (<i>l</i>)	33	33	"	33
Baccarat à Badonviller (<i>l</i>)	14	14	"	14
Arches à Laveline et embranchements	72	72	72	72
Lunéville à Gerbéviller (<i>l</i>)	"	10	"	2
Amagne à Apremont (<i>l</i>)	65	65	65	65
Raccordement entre la ligne de Grande-Ceinture et la gare act. de Saint-Germain (<i>m</i>)				
Sainte-Gauburge à Mesnil-Mauger (<i>m</i>)				
Alençon à Domfront (<i>m</i>)				
Prez-en-Pail à Fougères (<i>m</i>)				
Vitré à Fougères et prolongements (<i>p</i>)				
Caen à Dozulé (<i>m</i>)				
Echauffour à Bernay (<i>m</i>)				
Couterne à la Ferté-Macé (<i>m</i>)				
Port d'Isigny à la ligne de Caen à Cherbourg (<i>m</i>)	530	557	244	537
Lisieux à Orbec (<i>m</i>)				
La Trinité de Réville à Orbec (<i>m</i>)				
Mezidon à Dives (<i>m</i>)				
Châteaubriant à Rennes et embranchement (<i>m</i>)				
Dives à Beuzeval (<i>m</i>)				
Villers à Trouville (<i>m</i>)				
Questembert à Ploërmel (<i>n</i>)	33	33	18	33
Sarlat à Siorac (<i>n</i>)	"	25	"	13
Auray à Quiberon (<i>n</i>)	"	26	"	11
Aubusson à Felletin (<i>n</i>)	"	10	"	3
Mamers à Laigle (<i>o</i>)	72	72	24	72
Mortagne à Sainte-Gauburge (<i>o</i>)	35	35	"	35
Perpignan à Prades (<i>o</i>)	40	40	40	40
Bonson à Saint-Bonnet le Château (<i>p</i>)	"	27	27	27
Totaux et moyennes	3.615	4.028	2.930	3.778
	COMPAGNIE			
Picardie et Flandres	29	43	"	31
Lille à Béthune et à Bully-Grenay	50	50	(<i>q</i>) 40	(<i>q</i>) 40
Lille à Valenciennes et extensions	73	73	73	73
Nord-Est	(<i>r</i>) 240	(<i>r</i>) 258	(<i>r</i>) 240	(<i>r</i>) 258
Somain à Anzin	37	37	37	37
Chauny à Saint-Gobain	15	15	15	15
Hazebrouck à la frontière belge	(<i>s</i>) 15	(<i>s</i>) 15	(<i>s</i>) 15	(<i>s</i>) 15
Enghien à Montmorency	3	3	3	3
Epervay à Romilly	(<i>t</i>) "	"	"	"
Nancy à Vézelize et embranchements				
Nancy à Château-Salins et à Vic				
Vassy à Saint-Dizier	22	22	22	22
Vassy à Doulevant-le-Château	16	16	6	16
Dombes et Sud-Est	(<i>u</i>) 175	(<i>u</i>) 204	(<i>u</i>) 175	(<i>u</i>) 197
Rhône (la Croix-Rousse à Sathonay)	7	7	7	7
Alais au Rhône	"	59	"	"
Marseille (banlieue sud et vieux port de)	3	3	3	3
Médoc	100	100	100	100
Totaux et moyennes	(<i>x</i>) 778	(<i>x</i>) 808	(<i>x</i>) 729	(<i>x</i>) 808

RECETTES totales de l'année		DIFFÉRENCE entre 1881 et 1882.		PAR KILOMÈTRE					
				Recette totale		Différence entre 1881 et 1882.			
1881	1882			1881	1882	totale (%).	pour 100 (%).		
A L'ÉTAT (suite).									
francs.	francs.	francs.		francs.	francs.	francs.	francs.		
13.234	54.610	+	41.376	3.309	3.212	— 97	— 2,93		
"	15.617	+	15.617	"	2.603	+	2 603		
"	75.730	+	75.730	"	2.295	+	2.295		
"	28.711	+	28.711	"	2.051	+	2.051		
602.549	658.627	+	56.078	8.369	9.148	+	779	+	8,31
"	3.989	+	3.989	"	1.995	+	1.995	"	"
300.637	375.917	+	75.280	4.625	5.783	+	1.158	+	25,04
1.028.478	2.554.407	+	1.515.929	4.215	4.738	+	523	+	12,41
52.709	103.821	+	51.112	2.928	3.146	+	218	+	7,45
"	99.154	+	99.154	"	7.627	+	7.627	"	"
"	39.594	+	39.594	"	3.599	+	3.599	"	"
"	13.883	+	13.883	"	4.628	+	4.628	"	"
53.885	204.075	+	150.190	2 245	2.834	+	589	+	26,24
"	53.607	+	53.607	"	1.532	+	1.532	"	"
971.824	858.496	—	113.328	24.296	21.462	—	2 834	—	11,66
139.745	131.818	—	7.927	5.176	4.882	—	294	—	5,68
25.652.464	31.581.029	+	5.928.565	8.755	8.359	—	396	—	4,52
DIVERSES.									
"	215.875	+	215.875	"	5.834	+	5.834	"	"
1.111.261	1.210.929	+	99.668	27.782	30.273	+	2.491	+	8,97
1.892.926	2.032.921	+	139.998	25.930	27.848	+	1.918	+	7,40
2.393.203	2.717.810	+	319.602	9.993	10 785	+	792	+	7,93
3.572.832	3.620.257	+	47 425	96.563	97.845	+	1.282	+	1,33
251.701	243.315	—	3.386	16.780	16.554	—	226	—	1,35
91.482	97.501	+	6.019	6.099	6.500	+	401	+	6,57
168.287	167.955	+	6.019	56.095	55.985	—	110	+	0,20
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
307.865	332.758	+	24.893	13.994	15.125	+	1.131	+	8,09
19.556	59 874	+	40.318	3.259	3.742	+	483	+	14,82
2.615.025	2.851.059	+	236.034	14.943	14.472	—	471	—	3,15
240.544	276.706	+	36.162	34.363	39.529	+	5.166	+	15,03
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
46.649	38.754	—	7.895	15.550	12.918	—	2.632	—	16,93
1.116.962	1.169.516	+	52.554	11.170	11.695	+	525	+	4,70
13.833.298	15.040.233	+	1.206.935	18.976	18.568	—	408	—	2,15

NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR			
	totale		à moyenne	
	exploitées au 31 décembre		exploit e pendant l'année	
	1881	1882	1881	1882
RÉCAPITULATIF				
Ancien réseau.	(e) 10.385	(e) 10.700	(e) 10.357	(e) 10.523
Nouveau réseau.	10.389	10.603	10.290	10.413
Réseau spécial.	144	144	(f) 132	(f) 132
Lignes appartenant à l'Etat.	3.615	4.028	2.930	3.778
Compagnies diverses.	(x) 778	(x) 898	(x) 729	(x) 810
Totaux généraux et moyennes. . .	(z) 25.272	(y) 26.334	(z) 24.399	(z) 25.617

(*) Les différences sont affectées du signe + lorsque la recette de 1882 est supérieure.

OBSERVATIONS.

(a) Y compris les anciennes lignes d'intérêt local : d'Épernay à Romilly (84 kilomètres); Nancy à Vézelize et embranchements (35 kilomètres) et de Nancy à Château-Salins et à Vic (24 kilomètres), et déduction faite, pour 1882, de 12 kilomètres sur le territoire d'Alsace-Lorraine exploités par la compagnie de l'Est. jusqu'au 1^{er} novembre 1881 seulement.

(b) Y compris 15 kilomètres sur le territoire suisse, de la frontière à Genève.

(c) Y compris 3 kilomètres pour l'embranchement du marché aux bestiaux de la Villette, appartenant à la ville de Paris.

(d) Y compris 20 kilomètres de parcours communs, en 1881, et 28 kilomètres en 1882, avec les compagnies de l'Est, de l'Ouest et de Paris-Lyon-Méditerranée, savoir : Est : Noisy-le-Sec à Nogent-sur-Marne, 1881 et 1882, N. R. (8 kil.), et Champigny à Sucy-en-Brie, 1881 (5 kil.); Ouest : Versailles (Chantiers), à Versailles (Matelots), 1882 (2 kil.) et d'Achères à Sartrouville, 1882 (6 kilomètres); Paris-Lyon-Méditerranée : Villeneuve-Saint-Georges à Juvisy, 1881 et 1882 (7 kil.).

(e) Déduction faite des sections de l'ancien réseau empruntées par le chemin de fer de Grande-Ceinture : 20 kilomètres en 1882 et 12 kilomètres en 1881 (voir note d).

(f) Non compris la section de Modane à la frontière d'Italie (12 kil.).

(g) Y compris 15 kil. de parcours communs avec les compagnies de l'Ouest, de Paris à Orléans et de Paris-Lyon-Méditerranée, mais non compris 10 kil. exploitées par la compagnie d'Orléans à Châlons-sur-Marne (ligne d'intérêt local).

(h) Ligne d'intérêt local rachetée par l'Etat et exploitée par l'administration des chemins de fer de l'Etat.

(i) Lignes exploitées par l'administration des chemins de fer de l'Etat.

(j) Y compris 15 kilomètres de parcours communs avec la compagnie de Paris à Orléans, de Benet à Niort.

(k) Lignes exploitées provisoirement par la compagnie du chemin de fer du Nord.

(l) Lignes exploitées provisoirement par la compagnie des chemins de fer de l'Est.

(m) Lignes exploitées provisoirement par la compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

(n) Lignes exploitées provisoirement par la compagnie du chemin de fer d'Orléans.

(o) Lignes exploitées provisoirement en régie.

(p) Lignes achetées par l'Etat en vertu des lois des 10 et 24 juillet 1882, et exploitées provisoirement par les anciennes compagnies.

(q) Non compris la section de Violaines à Bully-Grenay (10 kil.), exploitée par la compagnie des mines de Béthune.

RECETTES totales de l'année		DIFFÉRENCE entre 1882 et 1881 (*).	PAR KILOMÈTRE			
1881	1882		Recette totale		Différence entre 1881 et 1882.	
			1881	1882	totale (*).	pour 100 (*).
789.303.460	795.739.887	+ 6.436.427	76.210	75.619	— 591	— 0,78
235.857.486	243.404.730	+ 7.547.244	22.921	23.375	+ 454	+ 1,98
6.599.066	6.471.278	— 127.788	49.993	49.025	— 968	— 1,94
25.652.464	31.581.029	+ 5.928.565	8.755	8.359	— 396	— 4,52
13.833.298	13.040.233	+ 1.206.935	18.976	18.568	— 408	— 2,15
1.071.245.774 (A)	1.092.237.157 (A)	+ 20.991.313	43.905	42.637	— 1.268	— 2,89

TULATION.

789.303.460	795.739.887	+ 6.436.427	76.210	75.619	— 591	— 0,78
235.857.486	243.404.730	+ 7.547.244	22.921	23.375	+ 454	+ 1,98
6.599.066	6.471.278	— 127.788	49.993	49.025	— 968	— 1,94
25.652.464	31.581.029	+ 5.928.565	8.755	8.359	— 396	— 4,52
13.833.298	13.040.233	+ 1.206.935	18.976	18.568	— 408	— 2,15
1.071.245.774 (A)	1.092.237.157 (A)	+ 20.991.313	43.905	42.637	— 1.268	— 2,89

à celle de 1881; elles sont affectées du signe — dans le cas contraire.

(r) Y compris 2 kil. sur le territoire belge; à Comines et à Menin.

(s) Y compris 1 kil. de parcours commun avec la compagnie du Nord à Hazebrouck.

(t) Lignes exploitées par la compagnie de l'Est (ancien réseau), depuis le 26 novembre 1879 (voir note a).

(u) Y compris 7 kil. de parcours commun avec la compagnie du Rhône.

(v) La compagnie, malgré plusieurs rappels, n'a fourni aucun renseignement.

(x) Non compris la section de Vireux à la frontière (2 kil.), dont les produits ne figurent pas au présent tableau, et déduction faite des parcours communs (voir note u).

(y) Les sections ouvertes à l'exploitation pendant l'année 1882 ont une étendue de 1,062 kil., savoir :

ANCIEN RÉSEAU.

		kil.
Nord. — Bavai à la frontière belge, le 20 août.		5
Paris-Lyon-Méditerranée. — Roanne à Paray-le-Monial, le 1 ^{er} juin.	57	232
— Thonon à Evian, le 1 ^{er} juin.	9	
— Dijon à Seurre, le 20 juin.	42	
— Avallon à Dracy-Saint-Loup, le 23 août.	70	
— Nîmes à Sommières, le 30 octobre.	23	
— Sommières aux Mazes, le 30 octobre.	21	24
— Aubenas à Prades, le 30 octobre.	10	
Midi. — Mont-de-Marsan à Roquefort, le 15 octobre.		
Grande-Ceinture de Paris. — Achères à Noisy-le-Sec, le 2 janvier.	29	54
— Versailles à Achères, le 4 septembre.	25	
Total pour l'ancien réseau.		315

NOUVEAU RÉSEAU.

Nord. — Abbeville au Tréport, le 4 décembre.		37
Est. — Embranchement de la vallée de l'Orne, le 20 juillet.	4	153
— Châtillon à Is-sur-Tille, le 9 décembre.	70	
— Révigny à Vouziers, le 10 décembre.	79	
Ouest. — Duclair à Caudebec, le 31 juillet.	15	24
— Bolbec à Lillebonne, le 31 juillet.	9	
Total pour le nouveau réseau.		214

LIGNES APPARTENANT A L

Réseau de l'Etat. — Châteauroux à la Châtre, le 8 janvier
— Eygurande à Lagnac, le 5 novembre.....

Lignes non rattachées au réseau de l

Cholet à Clisson, le 25 juin.....
Sarlaut à Siorac, le 2 juillet.....
Chinon à Port-Boulet, le 2 juillet.....
Auray à Quiberon, le 24 juillet.....
Aubusson au Felletin, le 28 août.....
La Trinité-de-Réville à Orbec, le 18 septembre.....
Villers à Trouville, le 18 septembre.....
Dives à Bauzeval, le 18 septembre.....
Nomeny à Pompey et raccordement, le 23 septembre.....
Niort à Montreuil-Bellay, le 16 octobre.....
Lunéville à Gerbéviller, le 28 octobre.....
L'île Bouchard à Chinon, le 25 novembre.....
Raccordement entre la ligne de Grande-Ceinture et la
tuille de Saint-Germain, le 30 novembre.....
Lens à Bauvin-Provin, le 1^{er} décembre.....
Ajoutant : Bonson à Saint-Bonnet le Château, ligne pass
le réseau d'intérêt général, le 24 juillet.....

Total pour les lignes appartenant à l'Etat

COMPAGNIES DIVERSE

Picardie et Flandres. — Aubigny-au-Bac à Somain, le
1882.....
Nord-Est. — Chauny à Anisy, le 1^{er} mai 1882.....
Dombes et Sud-Est. — La Cluse à Bellegarde, le 1^{er} av
Alais au Rhône. — Alais au Port-l'Ardoise et raccorden
31 juillet 1882.....

Total pour les compagnies diverses.

Ensemble.....

Longueur exploitée au 31 décembre 1881.....

Longueur exploitée au 31 décembre 1882.....

(*) Y compris 12 kil. sur le territoire d'Alsace-Lorraine, v
le territoire suisse, voir note (b), 3 kil. pour l'embrancheme
tiaux de la Villotte, voir note (c), et 2 kil. sur le territoi
mais non compris les parcours communs, voir notes (d), (e)
les lignes qui ne figurent pas dans le présent tableau, voir

(2) Déduction faite de 8 kil. de parcours communs, de N
sur-Marne, comptés dans l'ancien réseau (chemin de Gr
le nouveau réseau (chemins de l'Est), de 15 kilomètres de p
compagnies de l'Ouest, de Paris à Orléans et de Paris-L
note (g), de 15 kilomètres de parcours communs avec la
Orléans (depuis le 17 octobre 1881), voir note (f), et de 1
commun avec la compagnie du Nord, voir note (s).

(A) Déduction faite des détaxes et non compris les impôts
la grande vitesse, qui s'élèvent aux chiffres suivants :

Année 1882.....
Année 1881.....

Nota. — Les comptes du quatrième trimestre de 1882 n'
nitivement arrêtés, les chiffres qui se rapportent à cette
susceptibles de quelques modifications.

CHRONIQUE.

(JUN 1883)

(N° 34)

MATÉRIAUX D'EMPIERREMENT EMPLOYÉS DANS LE DÉPARTEMENT DE L' AISNE.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

Par M. MENCHE DE LOISNE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Dans le numéro des *Annales* de Janvier 1883, j'ai rendu compte des expériences comparatives qui ont été faites dans mon service sur la qualité des matériaux d'empierrement, et qui ont mis en évidence la supériorité des pierres de Lobbes et de Monthermé.

M. Laterrade, maintenant Ingénieur en chef à Agen, a bien voulu m'adresser à ce sujet une note que je résume ainsi :

Après avoir expérimenté la pierre de Monthermé qui donnait des résultats excellents, mais dont le coût était trop élevé, M. Laterrade a exploré la vallée de la Sambre, un peu en aval de la frontière, et a trouvé des matériaux parmi lesquels les gris ou bleus rappelaient comme apparence la pierre de Monthermé. Il en fit venir deux bateaux à titre d'essai et l'usage s'en propagea.

Je me suis assuré que le souvenir de M. Laterrade est d'accord avec les inscriptions au registre de tournées (année 1867). C'est donc à lui que l'on doit l'introduction des pierres de Lobbes dans le département de l'Aisne.

Quelques ingénieurs m'ont demandé si le prix des pierres de Monthermé n'était pas susceptible de diminution. Les renseigne-

ments que je dois à l'obligeance de M. Taton, conducteur des Ponts et chaussées à Monthermé, me mettent à même de répondre.

Le prix de 7 francs le mètre cube mis en bateau ou en chemin de fer, que j'ai donné, est un élément du prix sur lequel s'exerce le rabais souvent élevé des adjudications publiques.

Dès à présent, le mètre cube mis en bateau ou en wagon pourrait être facturé à 5 francs pour une demande importante; et ce prix pourrait subir même une certaine réduction, si l'extraction prenait une extension motivant l'emploi d'un matériel perfectionné.

Le cassage, cher dans l'Aisne, où la main-d'œuvre est peu offerte, descendrait à Monthermé à 3^f,70. Le mètre cube est compté dans le transport pour 1^f,50.

Enfin M. Taton estime que les carrières de la région pourraient donner une production annuelle de cent mille mètres cubes pendant longtemps.

Laon, 5 mai 1885.

(N^o 35)

LES PONTS ET CHAUSSEES.

DANS LA GÉNÉRALITÉ DE ROUEN AVANT 1789

Par M. GEORGES LECHALAS, Ingénieur des Ponts et Chaussées,

Le *Précis des travaux de l'Académie de Rouen*, pendant l'année 1881-1882, contient une intéressante étude de M. de Beaurepaire, archiviste du département de la Seine-Inférieure et correspondant de l'Institut, sur *les Ponts et Chaussées dans la Généralité de Rouen avant 1789*. Il nous a semblé qu'un résumé de ce travail trouverait une place toute naturelle dans nos *Annales*.

Sous Louis XIV, de belles routes furent ouvertes, mais principalement aux environs de Paris et dans un rayon d'une assez faible étendue. Aussi la Généralité de Rouen ne profita guère de ces travaux, et, à part un tronçon de route qui ne dépassait pas le pied de la côte Sainte-Catherine, tous les chemins par lesquels on accédait à Rouen annonçaient plutôt une chétive bourgade qu'une des premières cités du royaume. Mais, dès les premières années du règne de Louis XV, le développement des routes reçut une impulsion définitive. C'est ainsi que l'on vit, sous ce règne et sous le suivant, construire les deux routes de Paris à Dieppe, celles de Paris au Havre, de Paris à Caen, de Paris en Bretagne par Nonancourt, celles d'Amiens en basse Normandie, de Rouen à Orléans par Évreux, de Rouen à Dunkerque par Neufchâtel, de Rouen à Beauvais par Gournay, de Picardie en basse Normandie par Vernon, de Rouen à Caen par Pont-Audemer, sans compter vingt-quatre routes moins importantes, destinées aux communications de ville à ville, dans l'intérieur de la Généralité.

On demeure surpris que des routes si utiles se soient fait attendre si longtemps, et l'étonnement redouble, quand on constate que la Généralité de Rouen était restée en arrière, sous le rapport

de la voirie, sur toutes les Généralités du royaume. C'est de ce fait, voici un passage d'une lettre adressée au Directeur général des Ponts et Chaussées, à Paris, le 5 mai 1769 : « Je remarque, dit-il, que votre province a plus besoin de chemins par la qualité de son sol et la multiplicité de ses productions, est de toutes la moins avancée. Mais, dix ans après, le progrès est sensible. Le sieur Trudaine, dans sa réponse au rapport de l'ingénieur en chef, constate en ces termes : « Cette Généralité doit commencer à être bien ouverte dans toutes les parties et retirera sûrement de très grands avantages. »

Voici, du reste, quelques chiffres sur ce sujet. La longueur comptait déjà 151 lieues de chaussées à l'état d'entretien, le nombre s'en éleva à 205 en 1781. En 1788, d'après le rapport par Lamandé, le développement des routes faites ou en cours de construction dans la Généralité était de 738 950 toises, sur lesquelles 368 378 en état d'entretien, 58 648 à peu de choses près, et 15 496 enfin qui étaient ouvertes, mais sans chaussée, à faire 296 428 toises, dont la dépense était évaluée à 6 millions.

On peut donc dire que le siècle dernier a été témoin d'une impulsion donnée aux travaux publics. Nous allons maintenant étudier le personnel chargé de l'exécution, les fonds mis à leur disposition, les ressources qu'ils ont créées, la corvée et les règles suivies pour le paiement des travaux. Les deux dernières questions notamment méritent d'être examinées, car, en l'absence de principes généraux, la manière de procéder variait suivant le temps et le lieu, en sorte qu'une étude locale permet seule de constater les progrès.

Personnel. — Avant la période de grands travaux de la fin du XVIII^e siècle, on choisissait pour les travaux publics parmi les architectes; mais la nécessité de recruter un personnel relativement nombreux et présentant toutes les garanties nécessaires pour créer l'École des Ponts et Chaussées en 1747.

Vers le milieu du XVIII^e siècle, le personnel de la Généralité de Rouen, laquelle avait une étendue à peu près double de celui du département de la Seine-Inférieure, se composait de deux inspecteurs et de quatre sous-inspecteurs. On ne tarda pas à l'augmenter, et l'on y adjoignit quelques élèves des Ponts et Chaussées. En 1772, un ingénieur en chef, quatre inspecteurs et quatre sous-inspecteurs; en 1788, un ingénieur en chef, dix inspecteurs et dix sous-inspecteurs.

Le traitement de l'ingénieur en chef était de 2500 livres; ceux des ingénieurs variaient de 1500 à 1800 livres. A ces traitements il convient d'ajouter les gratifications que, chaque année, le Contrôleur général des finances accordait sur la proposition du Directeur général. Ces gratifications étaient habituellement, pour l'ingénieur en chef, de 1500 livres sur les fonds des Ponts et Chaussées, et de pareille somme sur les fonds des Ports Maritimes. Les ingénieurs ordinaires obtenaient de 300 à 500 livres.

En mars 1787, l'ingénieur en chef exposait à son administration l'impossibilité où les ingénieurs se trouvaient de subvenir à leurs besoins avec des traitements aussi modiques : « Il y a, disait-il, environ quarante ans que les traitements des sous-ingénieurs sont fixés à 1500 livres. Depuis cette époque, tout a augmenté de plus de moitié, et les appointements sont toujours les mêmes. »

Les fonctions d'ingénieur en chef furent remplies, à partir de la démission de M. Martinet en 1749, par M. Baudouin (1749-1752), par M. Dubois, plus tard inspecteur général des Ponts et Chaussées (1752-1774), par de Cessart, bien connu par ses travaux de Cherbourg (1775-1781), et enfin par Lamandé (1781-1790).

Parmi les ingénieurs, on remarque Lamblardie, qui devint, après la Révolution, directeur de l'École centrale des Travaux Publics, et, parmi les élèves, l'illustre Monge, qui fut envoyé dans la Généralité de Rouen, en 1775, avec des appointements de 80 livres par mois.

Ressources provenant de la taille. — Chaque année, la Généralité de Rouen voyait inscrire au brevet de la taille, sous le titre de *Rétablissement des ponts et chaussées des vingt pays d'Élection*, une somme relativement considérable, dont une partie seulement lui revenait, le reste étant distribué à des provinces moins riches. On lui rend 37 000 livres sur 186 081, en 1731; 80 000 livres sur 178 036, en 1740; même somme sur 197 962, en 1760; 96 000 livres sur 210 390, en 1773. Ces secours, qui s'éloignent tant de sa part contributive, ne sont que de 29 431 livres en 1780, et de 63 341 en 1781; mais ils s'élèvent à 123 000 livres en 1782, à 181 000 livres en 1783, à 215 000 livres en 1786. Ils sont de 201 970 livres en 1788.

A ces ressources venaient s'ajouter les fonds des ateliers de charité, qui furent créés dans la seconde moitié du dernier siècle, et surtout la contribution en nature que l'on désignait sous le nom de corvée et qu'il convient d'étudier avec quelque détail.

Corvée. — Tocqueville a signalé combien la corvée devint écrasante lorsque le besoin et le goût des bonnes routes se répandirent, et combien odieuse fut cette charge qui pesait sur les plus

pauvres, sur ceux qui profitaient le moins des travaux : la civilisation tourne, dit-il, contre le peuple des campagnes. Le travail de M. de Beaurepaire confirme cette appréciation.

« Il n'y avait pas plus de comparaison à établir, dit-il, entre la corvée connue et pratiquée avant Louis XV et celle que l'on imposa depuis, qu'il n'y en avait entre ces chemins bourbeux, étroits du moyen âge, que parcouraient le cheval du voyageur et la grossière charrette du paysan, et ces voies larges et roulantes du XVIII^e siècle que sillonnaient d'élégants attelages et des postes rapides. »

Aussi les intendants et leurs subdélégués, chargés d'appliquer la corvée, ne le font qu'en gémissant; les cavaliers de la maréchassée, requis pour prêter main forte aux ingénieurs contre les paysans mutinés ou réfractaires, ne pénètrent qu'à contre-cœur dans les chaumières de ces malheureux : pour vaincre leur répugnance, il faut employer tantôt les menaces, tantôt l'appât des gratifications. Ceux-là même qui profitaient de l'ouverture des routes n'osaient préconiser le système suivi; ainsi, le 6 janvier 1771, un riche propriétaire, le président de Crosville, écrivait à l'intendant : « Les chemins, quoique fort utiles pour le commerce, et pour vous et pour moi, lorsque nous voyageons, sont terribles à faire à corvée par un nombre d'ouvriers qui n'ont que leurs bras pour vivre, qui sont depuis plusieurs années dans la plus grande misère; par des malheureux qui, ne profitant pas de l'avantage des beaux chemins, n'ont que le mal d'y travailler gratis et y perdent souvent des terrains qui aideraient à leur subsistance. Si le ministère, messieurs les Intendants, et vous, monsieur, en particulier, voyiez l'intérieur des maisons de ceux qui sont obligés de faire ces travaux, il y en aurait bien d'exempts ! »

Comment remédier à ce mal ? Une augmentation des tailles aurait paru aussi insupportable que la corvée; aussi Louis XVI se décida-t-il, sur la proposition de Turgot, à faire, pour le rachat des corvées, une imposition particulière pesant sur tous les propriétaires dans la proportion de leur fortune, sans tenir compte des privilèges de la noblesse et du clergé. L'arrêt de février 1776 fut imposé aux cours souveraines de Paris dans un lit de justice; mais cet acte de vigueur fut bientôt suivi d'un acte de faiblesse, parce que la cour crut reconnaître, dans l'opposition de la haute magistrature, les signes d'une révolution prochaine. On continua donc à imposer la corvée : quelques chiffres en préciseront l'importance.

Il y eut des provinces où l'on exigea jusqu'à douze journées de

travail ; mais, dans la Généralité de Rouen, on se contenta ordinairement de six jours et quelquefois de trois. Il y eut même des années où l'on supprima la corvée, par égard à la misère des paysans. Diverses circonstances aggravaient souvent le poids de la corvée : on choisissait la saison la plus favorable pour la confection des routes, et c'était celle où le cultivateur avait le plus besoin de son temps ; parfois, les ateliers étaient éloignés de plusieurs lieues de la résidence des corvéiers.

On fit, au moyen de la corvée, cinq lieues et quart de chaussées en 1768, sept lieues en 1771 et neuf en 1781. On évaluait la dépense équivalente à la corvée, en 1775, à 443 912 livres ; en 1777, à 525 990 livres ; en 1781, à 543 344 livres ; en 1786, à 633 283 livres ; en 1787, à 672 651 livres. La corvée fut, en 1777, le travail gratuit de 37 000 journaliers et de 22 000 chevaux employés pendant sept jours. Cela équivalait, estimé en argent, au quart du principal de la taille ou au neuvième de la taille, si l'on y joint les accessoires et la capitation.

Les Intendants firent tout ce qui dépendait d'eux pour adoucir la corvée, et ils s'attirèrent bien des fois les reproches des directeurs généraux des Ponts et Chaussées, jaloux de voir avancer les travaux. Les Intendants s'appliquèrent à faire accepter par les communautés la substitution à la corvée en nature de la corvée en argent. La première pesait sur l'artisan comme sur le fermier aisé ; la seconde se faisait par adjudication dont le prix était réparti, au marc la livre de la taille, sur les contribuables de chaque paroisse ; elle n'atteignait pas la classe pauvre. Il y avait donc deux intérêts en présence : les propriétaires l'emportèrent d'abord, dans les assemblées, par leur instruction et aussi par le nombre de leurs domestiques ou de leurs employés ; mais ensuite les artisans obtinrent gain de cause, grâce à l'appui que les Intendants leur faisaient donner sous main par leurs subdélégués et par les syndics. En 1775, sur 1 289 communautés qui concoururent à l'exécution des travaux, 937 les faisaient déjà exécuter par adjudication ; 352 préféraient la corvée en nature. En 1782, sur 1 763 communautés, 181 préférèrent encore celle-ci. Mais, en 1786, sur 1 832 communautés, on n'en compte plus que 70 qui conservent l'ancien système.

On voit donc que, lorsque Louis XVI, par sa déclaration du 27 juin 1787, abolit dans toute la France la corvée en nature et lui substitua une prestation pécuniaire, il ne fit que consacrer ce qui existait déjà dans la Généralité de Rouen. Cette déclaration, remarquons-le, était moins libérale que ne l'était l'édit de 1776,

pécuniaire, qui ~~comportait une~~ ^{comportait une} ~~charge~~ ^{charge} ~~pour~~ ^{pour} ~~les~~ ^{les} ~~taillables~~ ^{taillables} et épargnait les privilégiés. C'était moins l'opinion publique. Aussi, dès le 7 décembre 1787, l'Assemblée provinciale de la haute Normandie, bien que composée de trois ordres, prit-elle un arrêté pour faire passer la corvée de terre et le clergé au rachat des corvées; elle décida que pour ceux qui, dans ces deux ordres, avaient un revenu de 200 livres de revenu. Mais Necker, craignant de déclara les mesures de l'Assemblée provinciale nulles, bien que conformes à la loi du 27 juin 1787 resta donc en vigueur jusqu'à

terrains. — La question de la corvée ne fut sans doute pas sans difficultés et à recevoir des solutions. Le paiement des terrains nécessaires pour l'ouverture des routes ne fut guère moins féconde en difficultés. On ne paya aucune indemnité aux propriétaires, mais seulement pour les maisons, les terres. Enfin, on s'habitua peu à peu, dans la Généralité, à indemniser les propriétaires des terres labourées. Les indemnités étaient fixées par l'intendant, sur les rapports, et acquittées sur les fonds des Ponts et Chaussées. Comme ces fonds étaient insuffisants, les indemnités étaient payées fort mal, par acomptes et après des délais quelquefois.

Les difficultés provoquées par cet état de choses amenèrent le roi à décider que, pour subvenir au paiement des terrains nécessaires à la Généralité de Rouen, il serait imposé, pour l'année 1788, une somme de 80 000 livres répartie sur les taillables. Mais ceux-ci étaient déjà chargés de la confection des routes, et qu'il serait équitable de faire une nouvelle imposition sur les possédant fonds qui ne contribuaient pas à la confection des routes. Le roi se fit proposer cette imposition du brevet de la taille. Mais, par arrêt du Conseil, la répartition pen- dant tous les possédant fonds, privilégiés et non privilégiés fut enregistrée sans difficulté au Conseil supérieur. Mais cette imposition, fondée sur des principes d'équité, excita les plus vives réclamations, et le roi ne put s'en faire qu'avec une extrême difficulté. Ce fut le dernier acte du Parlement; aussi, à l'expiration de son pouvoir, le Conseil d'État n'osa parler d'une prolongation qui

n'eût pas été enregistrée. Le fonds des indemnités retomba en entier sur les taillables, et cependant, par un égarement singulier de l'opinion publique, le Parlement conserva sa popularité, et le Conseil supérieur fut décrié. Le président de ce Conseil, M. de Crosne, Intendant, fit du moins ce qu'il put dans l'intérêt du peuple : il trouva le moyen, par des économies sur les fonds de casernement, d'abaisser à 40 000 livres le chiffre afférent aux indemnités dans le brevet de la taille ; mais il fit maintenir le principe de ces indemnités que Necker, à ce qu'il semble, eut un moment l'intention de sacrifier. « Je crois, monsieur, lui écrivait-il, qu'il faut tout payer, même les plus médiocres objets, parce qu'ils appartiennent à de petits propriétaires dont ils forment quelquefois toute la fortune. Il y aurait moins d'inconvénient à prendre de grandes parties de terrains au propriétaire riche, qui n'a point de besoin, sans le payer, que d'enlever au pauvre le seul morceau de terre, qui est toute sa ressource, sans l'indemniser. Les communications, qui augmentent le revenu des terres, et qui forment elles-mêmes, par cette raison, une indemnité pour les riches, ne profitent en rien au pauvre, qui a perdu le tout ou la plus grande partie de son terrain ; et c'est un motif de plus de le faire participer à l'indemnité. On ne peut pas, non plus, se dispenser de payer les riches propriétaires. Autrement, il faudrait entrer, relativement à chaque propriété, dans des discussions qui ne sont véritablement pas possibles en administration. »

L'Intendant gagna sa cause, et le principe du droit à indemnité pour le propriétaire privé de son terrain triompha définitivement dans la Généralité de Rouen.

En terminant l'étude que nous venons de résumer, M. de Beaurepaire ne peut se défendre de quelques réflexions assez tristes : les agents de cette vaste entreprise du développement des routes n'en avaient retiré, dit-il, ni gloire ni profit. Ils eurent pour récompense de faibles traitements, à peine suffisants aux besoins de la vie ; ils ne reçurent aucun témoignage de la reconnaissance publique, et leur profession comptait pour si peu, comparée aux innombrables charges judiciaires, que les *Annuaire*s, connus sous le nom de *Tableaux de Rouen*, n'en faisaient pas même mention. M. de Beaurepaire se félicite de ce que l'Académie de Rouen, plus juste que le vulgaire, ait appelé dans son sein des ingénieurs tels que de Cessart, Lamandé, Lamblardie et Forfait (*), qui comptèrent parmi ses membres les plus distingués.

Rouen, 7 avril 1885.

(*) Ce dernier était ingénieur de la marine.

(N° 36)

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

1883

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° Mathématiques pures.

— Sur les polygones de Poncelet; par M. Andreef, professeur à l'Université de Kharkoff. In-8, 13 p. avec fig. Paris, Chaix; 4, rue Antoine-Dubois. (10 mars.)

— Sur les intégrales d'un système d'équations différentielles linéaires du premier ordre, à coefficients constants et second membre, dans le cas où l'équation caractéristique a des racines égales; par M. Baehr, professeur à l'École polytechnique de Delft. In-8, 5 p. Paris, imp. Chaix; 4, rue Antoine-Dubois. (10 mars.)

n (E.). — Problème de mécanique; par M. Ed. Collignon, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. In-8, 19 p. avec fig. Paris, imp. Chaix; 4, rue Antoine-Dubois. (10 mars.)

n (E.). — Problème de géométrie; par M. Ed. Collignon, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. In-8, 19 p. avec fig. Paris, imp. Chaix; 4, rue Antoine-Dubois. (10 mars.)

(E.). — Introduction à la théorie de l'énergie; par M. Fret, chef d'escadron d'artillerie, de la Société mathématique de France. In-8, 200 p. Paris, imp. et lib. Gauthier-Villars. (8 février.)

de l'École polytechnique, publié par le conseil d'instruction de cet établissement. 51^e cahier. In-4, 263 p. Paris, imp. Gauthier-Villars. 12 fr. (8 décembre.)

- LAISANT.** — Théorème d'algèbre; par M. Laisant, député de la Loire-Inférieure, docteur ès sciences mathématiques. In-8, 7 p. Paris, imp. Chaix; 4, rue Antoine-Dubois. (10 mars.)
- MALDANT (E.).** — Matière et force; par Eugène Maldant, ingénieur civil. In-8, 36 p. Orléans, imp. Colas; Paris, lib. Dentu.
- MARIE (M.).** — Histoire des sciences mathématiques et physiques; par M. Maximilien Marie, répétiteur de mécanique et examinateur d'admission à l'École polytechnique. T. I : De Thalès à Diophante. In-8 carré, 295 p. avec fig. imp. et lib. Gauthiers-Villars. (4 janvier.)
- PARMENTIER.** — Nouvelles formules de quadrature; par M. le général Parmentier, du comité des fortifications. In-8, 4 p. avec 1 fig. Paris, imp. Chaix; 4, rue Antoine Dubois. (10 mars.)
- SALMON (G.).** Traité de géométrie analytique (sections coniques), contenant un exposé des méthodes les plus importantes de la géométrie et de l'algèbre modernes; par G. Salmon, professeur à l'Université de Dublin. Ouvrage traduit de l'anglais par MM. H. Résal et V. Vaucheret. 2^e édition française, publiée d'après la 6^e édition anglaise par M. V. Vaucheret, lieutenant-colonel d'artillerie, professeur à l'École supérieure de guerre. 1^{er} fascicule. In-8, p. 1 à 120. Paris, imp. et lib. Gauthier-Villars.

2^e Mécanique. — Construction.

- AUDEMAR (H.).** — Nouvelle machine à colonne d'eau, à grande vitesse et à dépense variable; par M. H. Audemar, ingénieur à Dôle (Jura). Petit in-12, 15 p. Alais, imp. Brugueirolle.
- BOUR (L.).** — Note sur l'installation des réchauffeurs des chaudières à vapeur; par M. L. Bour, ingénieur de l'Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur. In-8, 10 p. et planche. Lyon, imp. Storck.
- BROUIS et KOCK.** — Le Mécanicien de chemin de fer; par MM. Brosuis et Kock, ingénieurs en chef de chemin de fer. 1 fort vol. in-8, avec 673 figures et 13 planches. Prix : 20 fr. Paris, Bernard et C^{ie}.
- CHAROUSSET et BAGUE.** — Application de l'électricité comme transmission de force aux mines de la Péronnière, au congrès d'Alais; par MM. Charousset et Bague, ingénieurs aux mines de la Péronnière. In-8, 88 p. et 3 planches. Saint-Étienne, imp. Théolier et C^{ie}.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

J. (G.). — Étude sur le rivetage, formules générales permettant de déterminer les proportions rationnelles des joints, applications diverses et calculs numériques; par G. Claudon, ingénieur des constructions navales. Un vol. gr. in-4, avec tableaux et nombreuses fig. intercalées dans le texte. 15 fr. Paris, lib. Bernard et C^{ie}.

KRES DE NORDECK (A.). — Sonde électrique de M. A. Coffin de Nordeck, lieutenant de vaisseau. In-8, 8 p. Paris, et lib. Plon et C^{ie}. (6 mars.)

(E.). — Études sur les pouvoirs calorifiques des houilles; L. Cornut, ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France. In-8, 28 p. et eaux. Paris, imp. Capiomont et Renault. (11 octobre.)

RE (P.). — D'un procédé nouveau de chauffage appliqué aux chaudières à vapeur; communication faite à la Société des sciences industrielles de Lyon, le 14 décembre 1881, par Craponne, ingénieur principal de la compagnie du gaz de Lyon. In-8, 11 p. Lyon, imp. Storck.

UNWIN (W.), professeur de mécanique au collège indien des ingénieurs civils. — Éléments de construction des machines, traduit de l'anglais par J. A. Bocquet, — appendice par M. H. Léauté. Paris, Gauthier-Villars, 1882.

D.). — Chauffage et ventilation rationnelle des écoles, habitations, etc., par M. Ed. Deny. (Mémoire ayant obtenu la médaille d'or au concours de l'Académie de Metz et au concours de la Société industrielle d'Amiens.) 1 vol. in-8 avec planches : 4 fr. Paris, Baudry, éditeur.

CEL (T.) et F. GERALDY. — L'électricité comme force motrice; par le comte Du Moncel, de l'Institut, et M. Franklyn, ingénieur des Ponts et Chaussées. In-18 jésus, 308 p. 12 fig. Paris, imp. Labure; lib. Hachette et C^{ie}. 2^f, 25 frs.)

GRANDVOINET (J. A.). — Traité élémentaire des constructions rurales; par J. A. Grandvoinet, professeur de génie rural à l'école nationale agronomique. 2 vol. In-18 jésus. T. I : Principes généraux de construction, xi-202 p. avec 172 figures; t. II : Constructions rurales, viii-164 p. avec 134 figures; Mesnil, imp. Leclerc-Didot; Paris, lib. agricole de la Maison rustique, 2^f, 50 frs. 2 volumes.

HERMANN (G.). — Statique graphique des mécanismes pour la détermination du rendement des machines et des efforts subis par leurs organes; par Gustave Herrmann, professeur à l'École

- polytechnique d'Aix-la-Chapelle. Traduction française par MM. W. Schmitz et P. Castin, ingénieurs civils. In-4, 84 p. et 8 pl. Paris, imp. et lib. Bernard et C^{ie}. (6 octobre.)
- HIRSCH. — Rapport sur les machines et les appareils de la mécanique générale à l'Exposition universelle internationale de 1878, à Paris; par M. Hirsch, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. In-8, 609 p. Paris, imp. nationale. (22 mars.)
- LALBIN (E.). — Etude sur les appareils centrifuges; par E. Lalbin, ingénieur civil. In-8, 14 p. avec fig. Paris, imp. et lib. Chaix.
- LASTEYRIE (R. de). — Documents inédits sur la construction du pont Neuf, publiés par R. de Lasteyrie. In-8, 98 p. Nogent-le-Rotrou, imp. Daupley-Gouverneur.
- LEFEBVRE (H.). — Tarif de cubage des poutrelles renfermant tous les cubes au millistère de 1 en 1 et de 2 en 2 centimètres d'équarrissage, et toutes les longueurs de 10 en 10 centimètres jusqu'à 20 mètres; par Henri Lefebvre (du Havre), expert en bois du Nord. In-8, 77 p. Le Havre, imp. Vattier; l'auteur, 9, rue de Fontenelle; Paris, à l'*Écho forestier*.
- LELOUTRE (G.). — Recherches expérimentales et analytique sur les machines à vapeur : Détermination de l'eau entraînée par une méthode thermométrique; par G. Leloutre, ingénieur civil. In-8, 63 pages. Nancy, imp. Berger-Levrault et C^{ie}.
- LENCAUCHEZ (A.). — Mémoire sur la production de la vapeur en général comme origine de force motrice; par M. A. Lencauchez, ingénieur à Paris. In-12, 40 p. Alais, imp. Brugueirolle.
- LENCAUCHEZ (A.). — Mémoire sur l'emploi des combustibles et sur le chauffage de haute température; par M. A. Lencauchez, ingénieur à Paris. In-12, 50 p. Alais, imp. Brugueirolle.
- MARCHAL (M.). L'action de déformation du choc comparée à celle d'un effort continu; par M. M. Marchal, ingénieur de la marine. Une brochure in-8 de 37 pages avec une planche, 2 fr. Paris, lib. Berger-Levrault.
- MAURICE MAURER. — Statique graphique; par Maurice Maurer. 1 vol. gr. in-8 et 1 atlas in-4 de 19 pl. Paris, J. Baudry, éditeur.
- MOËSSARD (P.). — Topographie et géodésie, cours de Saint-Cyr; par P. Moëssard, capitaine du génie, professeur de topographie. In-8°, xii-399 p. avec fig. Paris, lib. Delagrave.
- PICOU (R. V.). — Note sur la sensibilité des appareils à vapeur; par R. V. Picou, ingénieur des arts et manufactures. In-8, 7 p. Paris, imp. Michels. (12 décembre.)
- POILLON (L.). — Le 1^{er} fascicule du 1^{er} volume du traité théorique et pratique, pompes et machines à élever les eaux; par L. Poillon,

ingénieur des arts et manufactures, ancien constructeur de machines à vapeur, ancien professeur à l'institut industriel du nord de la France. — L'ensemble de l'ouvrage comprendra 2 vol. gr. in-8 raisin de 400 à 500 p. avec deux atlas contenant de nombreuses pl. hors texte. L'ouvrage paraîtra en 4 fascicules. Prix de la souscription à l'ouvrage complet, 35 fr. Paris, imp. Bernard et C^{ie}.

POUGET (L.). — Chronotachymètre Pouget, appareil contrôleur-enregistreur de la marche des locomotives; par L. Pouget, inspecteur général honoraire des postes et des télégraphes. In-8, 7 p. Montpellier, imp. Grollier et fils.

PRUD'HOMME (L.). — Cours pratique de construction; par L. Prud'homme. 3^e édition, revue et augmentée. 2 vol. in-8, avec 350 fig. dans le texte. — Prix 16 fr. Paris, lib. Baudry.

Cet ouvrage s'adresse aux ingénieurs et conducteurs des Ponts et Chaussées et des chemins de fer, aux agents voyers, aux architectes, aux entrepreneurs de travaux publics, aux ingénieurs des mines, aux garde-mines, aux officiers et gardes du génie et de l'artillerie, aux inspecteurs et gardes généraux des forêts.

ROSSIGNEUX. — Note sur la transmission du travail par l'électricité; par M. Rossigneux, ingénieur divisionnaire aux houillères de Saint-Étienne. In-8, 40 p. avec fig. et 2 pl. Saint-Étienne, imp. Théolier et C^{ie}.

TURGAN. — Établissement Arbey, machines à bois; par Turgan. In-4, 24 p. avec fig. Paris, lib. C. Lévy; Librairie nouvelle. 60 c. (17 mars.)

VASSELON (F.). — Carnet du conducteur de travaux. Recueil de formules, tables, renseignements pratiques et documents concernant la construction, à l'usage des ingénieurs, conducteurs, mécaniciens, entrepreneurs, etc.; par F. Vasselon, ingénieur civil. 6^e édition. In-12, 296 p. avec 350 fig. Paris, imp. Lefebvre et fils.

WITH (Émile). — Le mécanicien de chemins de fer; par Émile With, ingénieur civil.

Division de l'ouvrage. — Chapit. 1. Construction de la chaudière de locomotive. — 2. Les accessoires de la chaudière de locomotive. — 3. Perfectionnement de la chaudière. — 4. Machinerie. — 5. Le véhicule de la locomotive. — 6. Le tender et la locomotive-tender. — 7. Le graissage. — 8. Les freins. — 9. Les signaux. — 10. Les voitures et les wagons. — 11. La voie. — 12. Les appareils de transbordement des véhicules d'une voie sur une autre voie. —

13. Les bâtiments et accessoires destinés aux locomotives. — 14. Le développement de la construction du matériel roulant et de la voie. — 15. Le travail d'une locomotive. — 16. Les fonctions du mécanicien. — 17. Apprentice.

Un vol. in-8 de 400 p. avec fig. intercalées dans le texte et 13 pl. comprenant des ensembles, coupes et détails des principaux types de machines. Prix 20 fr. Paris, lib. Bernard et C^{ie}.

WITZ (Aimé). — Histoire des moteurs à gaz ; par M. Aimé Witz, ingénieur des arts et manufactures, docteur ès sciences. Br. in-8. Prix 2 fr. Paris, Bernard et C^{ie}.

3° Navigation maritime et intérieure.

ALLARD (E.). — Mémoire sur la portée des sons et sur les caractères à attribuer aux signaux sonores ; par M. E. Allard, inspecteur général des Ponts et Chaussées. In-4, 11-50 p. et 1 pl. de fig. Paris, imp. nationale. (16 novembre.)

BELGRAND. — Le tome IV (eaux nouvelles) des Travaux souterrains de Paris ; par M. Belgrand, directeur des eaux et égouts de la ville de Paris, membre de l'Institut. Un beau volume gr. in-8 Jésus avec vignettes et atlas in-f° de 45 grandes pl. 55 fr.

L'ouvrage des Travaux souterrains de Paris sera complété prochainement par un tome V (égouts), du prix de 45 fr.

Prix de l'ouvrage complet (T. I à V) 240 fr. — Les tomes I à IV actuellement parus 195 fr. Paris, lib. Dunod.

Commission supérieure pour l'examen du projet de mer intérieure dans le sud de l'Algérie et de la Tunisie, présenté par le commandant Roudaire. 1882. In-4, 548 p. et carte du bassin des Chotts, dressée en 1880 par le commandant Roudaire. Paris. imp. nationale. (16 novembre.)

Délimitation de la mer à l'embouchure de la Seine. Une br. in-8 de 67 p. avec une pl. 3 fr. Paris, lib. Berger-Levrault.

GAUSSIN et HATT. — Annuaire des marées des côtes de France pour 1883 ; par MM. Gaussin, ingénieur hydrographe en chef, et Hatt, ingénieur de la marine. In-18. Prix 1 fr.

LEGER (A.). — Les canaux dérivés du Rhône ; un projet plus économique ; par A. Leger, ingénieur des arts et manufactures. In-8, 33 p. avec tableaux. Lyon, imp. Storck.

LENTHÉRIC (C.). — Les villes mortes du golfe de Lyon : Illiberris, Ruscino, Narbon, Agde, Maguelone, Aiguesmortes, Arles, les

Saintes-Maries ; par Charles Lenthéric, ingénieur
Chaussées. 4^e édition. In-18 jésus, 528 p. avec 1
Paris, imp. et lib. Plon et C^{ie}. (17 février.)

MOREAUX (F.). — Recherche du meilleur mode de
Rhône, précédée de considérations sur la rési-
ment des coques de bateaux en mer, dans les
les canaux ; par F. Moreaux, ingénieur civil, à
la compagnie des Fives-Lille et des hauts four-
aciéries de la marine et des chemins de fer.

fig. dans le texte, 12 fr. Paris, J. Baudry, éditeur.

Notice sur le phare électrique de Planier (Bos-
In-8, 40 p. Paris, imp. nationale. (2 avril.)

Notice sur les endiguements et polders de la baie
Michel. In-8, 56 p. Paris, imp. nationale. (20 mai)

PARIS (E.). — Le musée de marine du Louvre. His-
construction, représentation, statistique des navires
à voiles d'après les modèles et les dessins des navires
du Louvre ; par Edmond Paris, vice-amiral, maître
conservateur au musée du Louvre. In-f^o, VIII-
phototypiques inaltérables et 200 vignettes. Paris, im-

PLOCCQ ET LAROCHE. — Exploitation des ports (or-
lage et réglementation), étude sur les ports de
commerce de l'Europe septentrionale ; par M.
général des Ponts et Chaussées, et M. Laro-
chef des Ponts et Chaussées. Publié par ordre
des Travaux Publics. Mission accomplie en 1880.
atlas de 15 pl. Paris, imp. nationale. (14 novembre)

POITOU-DUPLESSY. — La mer des Chotts ou mé-
gérie ; par le docteur Poitou-Duplessy, médecin
marine. (Conférence faite à la Société bretonne
de Lorient dans l'assemblée générale du 11 mai)
Lorient, imp. et lib. Chamaillard.

PREIGNE (DE). — Mémoire destiné à élucider la ques-
tion de l'utilisation des eaux du Rhône, avec une carte
M. le marquis de Preigne, ancien député, l'un des
navigateurs du canal du Rhône à Nîmes et à la mer
projetée jusqu'à Béziers. In-8, 52 p. et carte.
Lévy. (10 mars.)

Recueil de renseignements sur les voies navigables
Tableaux descriptifs. — Notices. — Règlements
1880, 17^f, 50. Bruxelles, lib. J. Decq.

- SEYRIG (T.). — Les phares flottants ; par M. T. Seyrig. In-8, 7 p. et 2 pl. Paris, imp. Chaix ; 6, rue de la Chaussée-d'Antin. (16 mars.)
- VAUTHIER (L. L.). — Outillage maritime de la France, étude sur les ports intérieurs, Bordeaux, Nantes, Rouen ; par L. L. Vauthier, ingénieur des Ponts et Chaussées, du conseil municipal de Paris et du conseil général de la Seine. In-8, 77 p. Paris, imp. et lib. Chaix ; Lib. moderne. 2 fr. (17 octobre.)
- VIAL (P.). — Port du Havre, déposition lue à l'enquête nautique ; par M. Paulin Vial. In-8, 12 p. Le Havre. imp. Santallier.

4° Chemins de fer.

- AUSSIGNY (L. d'). — Notice sur les chemins de fer à voie étroite dans le département de l'Indre ; par Lionel d'Aussigny. In-8, 19 p. et carte. Issoudun, imp. Gaignault.
- CAVAIGNAC (G.). — L'État et les tarifs des chemins de fer ; par G. Cavaignac, député, ingénieur des Ponts et Chaussées. In-8, 47 p. Paris, imp. et lib. Gauthier-Villars. (27 décembre.)
- CHAUVAC DE LA PLACE. — Nouvelles tables pour le tracé des courbes de raccordement en arc de cercle (chemins de fer, canaux, routes et chemins), calculées par Chauvac de La Place, chef de section aux chemins de fer de l'Est. 3^e édition. In-18 jésus, 366 p. avec tableaux et planches. Nancy, imp. Collin ; Paris, lib. Baudry. 5 fr.
- COLLIGNON (C.). — Les voies ferrées des ports et la loi du 11 juin 1880 sur les tramways ; par M. Ch. Collignon, ancien conseiller d'État. In-8, 20 p. Paris, imp. V^e Ethiou-Pérou. (23 décembre.)
- FOUSSET (A.). — L'Algérie et les chemins de fer à voie étroite, programme rationnel du réseau algérien ; par M. A. Fousset. In-8, 94 p. et tableau. Paris, impr. Capiomont et Renault. (13 décembre.)
- FRANCO. — Communication de M. Franco, à la Société des ingénieurs civils, sur la traction des chemins de fer métropolitains. (6 octobre 1882.) In-8, 11 p. Paris, imp. Capiomont et Renault. (16 novembre.)
- HAAG (P.). — Le Métropolitain de Paris et l'élargissement de la rue Montmartre ; par Paul Haag. In-4, 20 p. et 2 plans. Saint-Germain, imp. Bardin et C^{ie}. Paris, lib. Lemerre. 3 fr., papier teinté.

- LAVOINNE (E.) et E. PONTZEN. — Les chemins de fer
par E. Lavoinne, ingénieur en chef des Ponts et
E. Pontzen, ingénieur. T. II : Exploitation, chemin
étroite et tramways. Texte et atlas. In-8. 665 p.
oblong de 38 planches. Paris, lib. Dunod. (13 déc.)
- LAVOLLÉE (C.). — Les chemins de fer et le budget;
vollée. In-8, 32 p. Paris, imp. Quantin. (15 mars.)
- LOMMEI. — Examen critique des nouveaux essais de
rampe d'accès méridionale du tunnel alpin du
Lomnel, ingénieur, ancien directeur de la cons
l'exploitation de la Compagnie du chemin de fer
1 vol. grand in-8, avec une carte et une planche
J. Baudry, éditeur.
- MALO (L.). — Les chemins de fer économiques d
Léon Malo. In-8, 12 p. Lyon, imp. Bellon.
- MALO (A.). — La sécurité dans les chemins de fer;
ingénieur. 2^e édition. In-18 jésus, xi-321 p. Paris
- Percement du Simplon. — Mémoire technique, pul
mité du Simplon. 1 vol. in-8 et atlas in-folio, conte
cartes et 4 planches. 12 fr. Paris, J. Baudry, édite

5^e Législation, Administration, Économie po

- Album du développement progressif du réseau des
voies navigables de la Belgique, 1830 à 1880, conte
et un tableau résumant les faits principaux de
des voies navigables, depuis 1850 jusqu'en 1880. 1
Bruxelles, J. Decq, libraire.
- AUCOC (L.). — Les étangs salés des bords de la mer
et leur condition légale; par M. Léon Aucoc, men
tut. In-8, 30 p. Orléans, imp. Colas. Paris, lib. Du
- BAUDRILLART (H.). — Philosophie de l'économie
rapports de l'économie politique et de la morale;
drillart, de l'Institut, ancien professeur d'économ
Collège de France. 2^e édition, revue et considér
mentée. In-8, xii-499 p. Paris, lib. Guillaumin
(19 mars.)
- BERTRAND. — Lois sur la police du roulage et de
publiques annotées et commentées; par M. Bert

du procureur de la République à Tours, à l'usage de la gendarmerie. In-32, 48 p. Limoges, imp. et lib. Charles Lavauzelle, Paris, même maison. 30 centimes.

FÉRAUD-GIRAUD (L. J. D.). — Code des transports de marchandises et de voyageurs par chemins de fer, ou Manuel pratique de législation, d'administration, de doctrine et de jurisprudence concernant les transports par les voies ferrées; par L. J. D. Féraud-Giraud, conseiller à la Cour de cassation. 3 vol. in-18. T. I et II (transports de marchandises); t. III (transports de voyageurs). T. I, 430 p.; t. II, 323 p.; t. III, 388 p. Paris, lib. Pedone-Lauriel. 12 fr.

GUILLAUME (E.). — Traité pratique de la voirie vicinale, ou exposé de la législation et de la jurisprudence sur les chemins vicinaux; par Eug. Guillaume, sous-directeur au Ministère de l'Intérieur, chargé du bureau de la voirie urbaine et vicinale. 7^e édition. In-18 jésus, 336 p. Paris, imp. et lib. Paul Dupont. 3^f,50. (1^{er} mars.)

HÉLÈNE (M.). — Les travaux publics au XIX^e siècle. Les nouvelles routes du globe; par Maxime Hélène, directeur de la Société continentale de glycérines et dynamites, etc.; avec une lettre de M. Ferdinand de Lesseps. (Canaux isthmiques et routes souterraines : Suez, Panama, Corinthe, Malacca, Saint-Gothard, mont Cenis, Alberg, Simplon, mont Blanc, Pyrénées, le tunnel sous-marin du Pas-de-Calais, le canal maritime de Gabès (mer d'Algérie), les routes de la pensée.) In-8, 320 p. avec 92 grav. et 4 pl. Paris, lib. G. Masson.

LAHAYE (E.). — De l'unification des tarifs de chemins de fer, leur égalité pour tous; par Eugène Lahaye. In-8, 40 p. Paris, lib. Dentu. 1 fr. (3 février.)

LALANDE (H. de). — De la prescription de l'action en responsabilité contre les architectes et entrepreneurs; par H. de Lalande, docteur en droit, avocat à la cour d'appel de Paris. In-8, 23 p. Paris, lib. Thorin.

LAMAIRESSE. — Du régime légal des eaux en Algérie. Les eaux du domaine public doivent être de la part de l'administration l'objet de la même vigilance en Algérie qu'en France; par M. Lamairesse. In-8, 47 p. Alger, imp. Fontana et C^{ie}.

LESGUILLIER (J.). — La question des chemins de fer et M. Léon Say; par J. Lesguillier, député de l'Aisne, ancien sous-secrétaire d'État des Travaux Publics. Grand in-8 à 2 col., 15 pages. Château-Thierry, imp. de *l'Écho républicain de l'Aisne*.

Machines à vapeur marines, ordonnance royale du 17 janvier 1846,

relative aux bateaux à vapeur qui naviguent sur mer ministérielle du 25 juin 1846 sur les mesures de habituelles à observer dans l'emploi des appareils à v à bord de bateaux qui naviguent sur mer. Circulai 1846. Circulaire du Ministre des Travaux Publics au 10 août 1881. In-8, 37 p. Paris, lib. Challamel aîné.

NOËL (O.). — Le réseau de l'État et le budget; par In-8, 20 p. Paris, imp. Hennuyer; aux bureaux de l *tanique*. (28 février.)

PERRIQUET (E.). — Traité théorique et pratique des tra comprenant les règles en matière de marchés, trava concessions de chemins de fer, canaux, ponts, m mages, etc.; par E. Perriquet, avocat au Conseil d Cour de cassation. 2 vol. in-8. T. I, viii-523 p.; Paris, lib. Marchal, Billard et C^{ie}. 16 fr. (29 décem

RAMEL (de). — *Revue du contentieux des travaux pub ment et des marchés des fournitures*, fondée par Ramel, docteur et droit, avocat au Conseil d'État de cassation. Lib. Rousseau.

RIVIÈRE (H. F.), F. HÉLIE et PONT. — Lois usuelles, dé nances et avis du Conseil d'État dans l'ordre ch annotés des arrêts de la Cour de cassation et des ministérielles, avec une table alphabétique de conco H. F. Rivière, docteur en droit, conseiller à la Cour tion. Avec le concours de MM. Faustin Hélie, vice- Conseil d'État, et Paul Pont, conseiller à la Cour d 10^e édition, revue, corrigée et augmentée. Petit in- 850 p. Corbeil, imp. Crété. Paris, lib. Chevalier-Marc

VAN DER STRATEN-PONTHOZ. — Coup d'œil sur la prop des rivières et ruisseaux non navigables et non flott d'eau, aqueduc, etc., etc. Code civil, lois, arrêts, pro à 1875; par le comte Van der Straten-Ponthoz, men seil supérieur d'agriculture, vice-président de la Soci d'agriculture de Belgique, etc., etc. 1^{re} partie. 1876, Bruxelles, J. Decq, libraire.

6^e Physique. — Météorologie. — Géologie. — Mi

ALLARD (E.). — Renseignements météorologiques sur la France; par M. E. Allard, inspecteur général d Chaussées, directeur du service central des phares

Publiés par ordre de M. le Ministre des Travaux Publics. In-4, 11-40 p. et 4 planches. Paris, imp. nationale. (10 avril.)

BAEHR. — Question d'optique; par M. Baehr, professeur à l'École polytechnique de Delft. In-8, 7 p. avec fig. Paris, imp. Chaix; 4, rue Antoine-Dubois. (10 mars.)

BRACONNIER (M. A.). — Description géologique et agronomique des terrains de Meurthe-et-Moselle; par M. A. Braconnier, ingénieur du corps des Mines. In-8, 444 p. avec 264 fig. Paris, lib. Savy.

BRARD. — Sur un nouveau système de générateurs électriques; par le docteur Brard, de la Rochelle. In-8, 9 p. Paris, imp. Chaix; 4, rue Antoine-Dubois. (4 avril.)

BRIART (Alp.). — Principes élémentaires de paléontologie; par Alphonse Briart. 1 vol in-12, avec 227 figures dans le texte. 6 fr. Paris, Baudry, éditeur.

BRILLOUIN (M.). — Comparaison des coefficients d'induction; par M. Marcel Brillouin, docteur ès sciences physiques. In-4, 93 p. avec fig. Paris, imp. et lib. Gauthier-Villars. (20 juillet.)

CROVA (A.). — Rapport sur les expériences faites à Montpellier pendant l'année 1881 par la commission des appareils solaires; par A. Crova, professeur à la faculté des sciences de Montpellier. In-4, 44 p. avec tableaux. Montpellier, imp. Boehm et fils.

CZYSZKOWSKI (S.). — Exploration géologique et industrielle des régions ferrifères de l'île d'Elbe (Italie); par M. Stéphen Czynski, ingénieur civil des Mines. (juillet 1882.) In-8, 87 p. Alais, imp. Martin.

DANA (J. D.). — Manuel du géologue; par J. D. Dana. Traduit et adapté de l'anglais par W. Houtlet. In-18 jésus, 300 p. avec 563 fig. Paris, imp. Gauthier-Villars; lib. Hetzel et C^{ie}. 4 fr. (31 mars.)

DEBRUN (E.). — Nouvelle balance électro-dynamique; par M. E. Debrun, professeur de physique. In-8, 3 p. avec 1 fig. Paris, imp. Chaix; 4, rue Antoine-Dubois. (10 mars.)

EVERETT (J. D.). — Unités et constantes physiques; par J. D. Everett, M. A., D. C. L., F. R. S., F. R. S. E., professeur de philosophie naturelle au Queen's college, Belfast. Traduit de l'anglais par Jules Raynaud, docteur ès sciences, professeur à l'École supérieure de télégraphie, avec le concours de L. Thevenin, G. B. de La Touanne et E. Massin, sous-ingénieurs des télégraphes. In-8, xvi-200 p. Paris. imp. et lib. Gauthier-Villars. 4 fr. (8 décembre.)

HATON DE LA GOUPILLIÈRE. — Rapport présenté par M. Haton de

La Goupillière, du conseil de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, au nom du comité des arts mécaniques, le 14 avril 1882, sur les anémomètres enregistreurs de M. Eugène Bourdon. In-4, 13 pages avec 13 fig. Paris, imp. Tremblay. (9 décembre.)

LAPPARENT (A. de). — Traité de géologie; par A. de Lapparent, ancien ingénieur au corps des Mines, professeur. In-8, xvi-1280 p. avec 610 fig. Paris, lib. Savy. 24 fr. (14 décembre.)

LAPPARENT (A. de). — Le pays de Bray; par A. de Lapparent, ingénieur au corps des Mines. In-4, 187 p. avec 6 fig. et 4 cartes. Paris, imp. Quantin. (1879.) (31 janvier.)

LEENHARDT (F.). — Étude géologique de la région du mont Ventoux; par F. Leenhardt, docteur ès sciences, chargé d'un cours de sciences et de philosophie naturelles à la faculté de théologie protestante de Montauban. In-4, 274 p. avec 4 planches découpées, 1 carte et fig. Paris. lib. G. Masson.

MALAPERT (E.). — Dimensions des unités électriques en fonctions des unités fondamentales. Centimètre, gramme, seconde; par E. Malapert, lieutenant de vaisseau. Une brochure in-8 de 68 pages. 2^f,50. Paris, lib. Berger-Levrault.

MOURLON (Charles). — Les téléphones usuels transmetteurs et récepteurs. Bell, Edison, Hugues, Ader, Blake, Crossley, Gower, etc., etc.; par Charles Murlon. Téléphones, — microphones, — plans et devis d'installation des appareils les plus en usage. 1883. Un volume in-8 avec figures et planches. Prix: 2 fr.

RENAULT (B.). Cours de botanique fossile fait au muséum d'histoire naturelle par M. B. Renault, docteur ès sciences physiques et naturelles, 3^e année: Fougères. In-8, 322 pages et 36 planches. Paris, lib. G. Masson. (9 mars.)

SWAN (J. W.). — Éclairage électrique, conférence de M. J. W. Swan, devant les membres de la Société littéraire et philosophique de Newcastle. Traduit de l'anglais par M. P. Gaillet. In-8, 28 p. Lille, imp. Danel.

7^o Agriculture. — Irrigations. — Sujets divers.

BABUT DU MARÈS. — Le Sewage, eaux d'égout, son utilisation et son épuration; par Babut du Marès. 1 vol. in-8. 5 fr. Paris J. Baudry, éditeur.

BRUNFAUT (J.). — Hygiène publique. Les odeurs de Paris; par

Jules Brunfaut, ingénieur civil. 2^e édition. In-8, 420 p. avec fig. Paris, lib. V^e Lefèvre.

CAHEN (E.). Notice sur les sources artificielles ; par Édouard Cahen, directeur du *Journal des travaux publics*. Moyen de se procurer partout de l'eau alimentaire de qualité parfaite et en quantité illimitée par le système Rouby. In-18, 47 p. Paris, imp. Schlæber ; l'auteur, 35, rue Le Peletier. (24 novembre.)

DELATTRE (C.). — Étude sur les gisements français de phosphate de chaux ; note sur la décomposition du phosphate bicalcique par l'eau ; par Charles Delattre, pharmacien. In-8, 80 p. Paris, imp. Davy. (20 décembre.)

DUPONCHEL (A.). — Fertilisation des Landes. Notes en réponse au rapport présenté à la commission permanente d'hydraulique agricole ; par A. Duponchel. In-8. 15 p. Montpellier, imp. Boehm et fils.

DURAND-CLAYE (A.). — Réponse à l'article publié dans la *Revue des Deux-Mondes*, par M. Aubry-Vitet, sur la question des égouts de Paris ; rapport de M. A. Durand-Claye, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. In-8, 37 p. Paris, imp. et lib. Chaix. (22 novembre.)

DURAND-CLAYE (A.). — Vidanges et égouts, communication de M. A. Durand-Claye, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. au congrès international d'hygiène de Genève. (1882.) In-8, 29 p. Paris, imp. et lib. Chaix. (18 novembre.)

DUVERDY (C.). — Des irrigations à l'eau d'égout : Paris-Berlin ; par Ch. Duverdy, de la Société des agriculteurs de France. In-4, 20 p. Saint-Germain, imp. Bardin et C^{ie}.

GAILLET et HUET. — Épuration des eaux de vidange des fabriques, avec utilisation des résidus ; par MM. Gaillet et Huet, ingénieurs à Lille. Première et seconde parties. Épuration des eaux des lavages de laine. In-8, 48 p. et planche. Lille, imp. Danel.

GUERLIN DE GUER. — Les Établissements insalubres. L'Industrie et l'Hygiène ; par E. Guerlin de Guer, chef de division à la préfecture du Calvados. Une brochure in-8 de 43 pages. 1^f, 50. Berger-Levrault.

JOURNAULT (L.). — Les égouts de Paris et leur déversement dans la forêt de Saint-Germain ; par M. Léon Journault, député de Seine-et-Oise, président d'honneur du comité de la défense de la forêt de Saint-Germain. In-8, 64 p. Saint-Germain, imp. Bardin et C^{ie}.

MICHAUD (P.). — Note sur la filtration naturelle, communication faite à la Société des sciences industrielles de Lyon, le 14 dé-

TABLES
DES MÉMOIRES ET DOCUMENTS

PUBLIÉS
DURANT LE 1^{er} SEMESTRE DE 1883.

PREMIÈRE TABLE.
RÉCAPITULATION DES ARTICLES PAR ORDRE D'INSERTION.

NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.	INDICATION DES ARTICLES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des planches.
1	1	Note sur la qualité des matériaux d'empierrement de provenance extérieure employés dans le département de l'Aisne; par M. Menche de Loisne, ing. en chef des p. et ch.	5	1
2	1	Note sur la jonction des caissons dans les fondations à l'air comprimé; par M. Mengin, ing. en chef des p. et ch.	17	
3	1	Calcul et tracé des panneaux des voûtes biaises; Note par M. Fortet, ingénieur civil.	26	
4	1	Étude sur l'influence des irrigations sur l'altitude d'une nappe souterraine, avec application aux irrigations pratiquées à Gennevilliers; par M. Bazaine, ancien élève de l'Ecole polytechnique. . . .	34	2
5	1	Chronique [janvier]:		
6	1	Liste chronologique du haut personnel des mines. .	61	
7	1	Le Corps des Ponts et Chaussées et l'Institut; par M. Tarbé de Saint-Hardouin, insp. gén., directeur de l'Ecole.	69	
8	1	Note sur les décisions prises par la conférence internationale de Berne, sur l'unité technique des chemins de fer; par M. Ch. Baum. ing. des p. et ch.	71	
9	1	Bulletin bibliographique d'ouvrages étrangers. . . .	75	
10	2	Prix décernés aux auteurs des meilleurs mémoires publiés dans les <i>Annales des Ponts et Chaussées</i> , en 1881.	91	
	2	Fondations à l'air comprimé d'un pont sur la Ga-		

NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.	INDICATION DES ARTICLES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des planches.
		ronne à Marmande; Notice par M. Séjourné, ing. des p. et ch.	92	5 à 7
11	2	Chronique [février]: Travaux d'entretien du canal de Suez. Durée comparative des rails de fer et d'acier. Longueur des chemins de fer et des tramways élec- triques.	205 217 217	
12	3	Note sur la mesure des vitesses et des débits dans un cours d'eau rapide et profond; par M. H. de Lagrené, ing. en chef des p. et ch.	219	8, 9,
13	3	Notice sur un nouveau système de roue hydraulique en dessus à mouvement direct; par M. Dupon- chel, ing. en chef des p. et ch.	247	10, 11
14	3	Effets des charges roulantes sur les ponts métal- liques; par M. Résal, ing. des p. et ch.	277	
15	3	Chronique [mars]. Enquête du Parlement anglais, sur les tarifs des chemins de fer; Note par M. Baum, ing. des p. et ch.	300	
16	3	Le Corps des Ponts et Chaussées et l'Institut. Note complémentaire par M. Tarbé de Saint-Hardouin, insp. gén., directeur de l'Ecole.	312	
17	4	Etude sur la situation physique et morale des ou- vriers des grands chantiers; par M. H. de Lagrené, ing. en chef des p. et ch.	315	
18	4	Note sur la marche des bateaux à vapeur en courbe; par M. Guibal, ing. des p. et ch.	346	
19	4	Note sur la restauration du radier de l'écluse Notre- Dame dans le port du Havre; par M. V. Renout, conducteur principal, faisant fonctions d'ingé- nieur.	378	12
20	4	Chronique [avril]: Note sur le partage des dépens entre les proprié- taires et l'Administration en cas d'expropriation pour cause d'utilité publique; par M. Cohen, ing. en chef des p. et ch.	398	
21	4	Note sur l'évaluation des surfaces de déblai et de remblai; par M. L. Durand-Claye ing. en chef des p. et ch. (d'après M. d'Ocagne, élève ing.).. . . .	402	
22	4	Note sur les appareils de sécurité Loiseau et Le- blanc; par M. Brossard de Corbigny, ing. en chef des mines.. . . .	405	
23	5	Notice nécrologique sur M. Ch. Didion, insp. gén. des p. et ch.; par M. Noblemaire, ing. en chef des mines.	413	
24	5	Note sur les ponts métalliques du chemin de fer de		

NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.	INDICATION DES ARTICLES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des planches.
		grande ceinture de Paris, par M. Geoffroy, ing. des p. et ch.	440	13 à 15
25	5	Chronique [mai]: Académie des sciences : Prix <i>Dalmont</i> , décerné à M. G. Lemoine, ing. en chef des p. et ch.; Prix de <i>Statistique</i> , décerné à M. Cheysson, ing. en chef des p. et ch.	561	
26	5	Note sur une écluse construite à Bromberg (Alle- magne; par M. Flamant, ing. en chef des p. et ch.	562	
27	5	Amarrage des navires dans les ports; Note par M. P. Alexandre, ing. des p. et ch.	564	
28	6	Mémoire sur la portée des sons et sur les carac- tères à attribuer aux signaux sonores; par M. E. Allard, insp. gén. des p. et ch.	567	
29	6	Note sur les ouvrages mobiles des barrages de la haute Seine; par M. Lavollée, ing. des p. et ch.	622	16 et 17
30	6	Paroles prononcées sur la tombe de M. Bresse, insp. gén. des p. et ch.; 1° par M. Tarbé de Saint-Har- douin, directeur de l'École; 2° par M. Lefébure de Pourcy, insp. gén. des p. et ch.; 3° par M. Phillips, membre de l'Institut; 4° par M. Mer- cadier, directeur des études à l'École polytechnique.	650	
31	6	Note sur l'explosion d'un récipient à vapeur dans une fabrique de noir animal au Bourget (Seine); Extrait du rapport de M. l'ingénieur des mines, Perrin.	660	
32	6	Recettes de l'exploitation des chemins de fer fran- çais d'intérêt général, durant les années 1881 et 1882.	664	
33	6	Recettes de l'exploitation des tramways durant les années 1881 et 1882.	670	
34	6	Chronique [juin]: Matériaux d'empierrement employés dans le dé- partement de l'Aisne; Note complémentaire par M. Menche de Loigne, ing. en chef des p. et ch. .	671	
35	6	Les Ponts et Chaussées dans la généralité de Rouen avant 1789; par M. Georges Lechalas, ing. des p. et ch.	673	
36	6	Bulletin bibliographique français.	680	

DEUXIÈME TABLE.

ANALYSE DES MATIÈRES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE.

A

ACADÉMIE des sciences : Prix *Dalmont* décerné à M. G. Lemoine. Prix de *Statistique* décerné à M. Cheysson, p. 561 (*Chr.*).

ALEXANDRE (P.). Amarrage des navires dans les ports, p. 564 (*Chr.*).

ALLARD (E.). Mémoire sur la portée des sons et sur les caractères à attribuer aux signaux sonores, p. 567 à 621.

B

BARRAGES de la haute Seine (Ouvrages mobiles des) : Note par M. Lavollée, p. 622.

BATEAUX à vapeur (Marche en courbe des) : Note par M. Guibal, p. 546.

BAUM (Ch.). Note sur les décisions prises par la conférence internationale de Berne, sur l'unité technique des chemins de fer, p. 71 à 74 (*Chr.*).

— Enquête du Parlement anglais sur les tarifs des chemins de fer, p. 300 à 311 (*Chr.*).

BAZAINE. Etude sur l'influence des irrigations sur l'altitude d'une nappe souterraine, avec application aux irrigations pratiquées à Gennevilliers, p. 34 à 60.

BEAUREPAIRE (de). Voir Lech alas (G.).

BIBLIOGRAPHIE. Ouvrages anglais, 75, allemands, 80, français, 680, italiens, 83.

BROSSARD DE CORBIGNY. Note sur les appareils de sécurité Leblanc et Loiseau, p. 405 à 412 (*Chr.*).

C

CANAL DE SUEZ (Travaux d'entretien du). p. 203 (*Chr.*).

CHARGES roulantes sur les ponts métalliques (Effets des) : Note par M. Résal, p. 277.

CHEMINS DE FER :

(1) Note sur les décisions prises par la conférence internationale de Berne, sur l'unité technique des chemins de fer; par M. Baum, p. 71 (*Chr.*).

(2) Longueur des chemins de fer et des tramways électriques, p. 217 (*Chr.*).

(3) Durée comparative des rails de fer et d'acier, p. 217 (*Chr.*).

(4) Enquête du Parlement anglais sur les tarifs des chemins de fer; Note par M. Baum, p. 300 (*Chr.*).

(5) Note sur les appareils de sécurité Leblanc et Loiseau, p. 405 (*Chr.*).

(6) Note sur les ponts métalliques du chemin de grande ceinture de Paris; par M. Geoffroy, p. 440.

(7) Tableau des recettes de l'exploitation des chemins de fer français d'intérêt général (années 1881 et 1882), p. 664.

CHEYSSON. Prix de *statistique*, p. 561. (*Chr.*).

COHEN. Note sur le partage des dépens entre les propriétaires et l'Administration en cas d'expropriation pour cause d'utilité publique, p. 398 à 401 (*Chr.*).

CORPS des Ponts et Chaussées et l'Institut (Le) : Notes par M. Tarbé de Saint-Hardouin, p. 69 et 512 (*Chr.*).

CRÉPIN. Médaille d'or de 500 francs, pour son étude sur le dessèchement des pays watrangués, p. 91.

D

DALMONT. (Prix), décerné à M. G. Lemoine, p. 561 (*Chr.*).

DÉBLAI et de remblai (Evaluation des surfaces de) : Note par M. L. Durand-Claye, (d'après M. d'Ocagne), p. 402 (*Chr.*).

DIDION (Ch.) (Notice nécrologique sur M.) par M. Noblemaire, p. 413.

D'OCAGNE. Voir Durand-Claye (L.).

DUPONCHEL. Notice sur un nouveau système de roue hydraulique en dessous

à mouvement direct, p. 247 à 276.
DURAND-CLAYE (L.). Note sur l'évaluation des surfaces de déblai et de remblai (d'après M. d'Ocagne), p. 402 (*Chr.*).

E

ECLUSE construite à Bromberg (Allemagne) : Note par M. Flamant, p. 562. (*Chr.*).
ECLUSE Notre-Dame. au port du Havre (Restauration du radier de l') : Note par M. Renout, p. 378.
EXPLOSION d'un récipient de vapeur dans une fabrique au Bourget (Seine) p. 660.
EXPROPRIATION pour cause d'utilité publique (partage des dépens entre les propriétaires et l'Administration) : Note par M. Cohen, p. 398.

F

FLAMANT. Note sur une écluse construite à Bromberg (Allemagne) p. 562 (*Chr.*).
FONDACTIONS à l'air comprimé (Jonction des caissons dans les) : Note par M. Mengin, p. 17.
FONDATION à l'air comprimé d'un pont sur la Garonne à Marmande : Notice par M. Séjourné, p. 92.
FORTET (D.) Calcul et tracé des panneaux des voûtes biaises, p. 26 à 33.
LEFEBURE DE FOURCY. Paroles prononcées aux obsèques de M. Bresse, p. 652.

G

GEOFFROY. Note sur les ponts métalliques du chemin de fer de grande ceinture de Paris, p. 440 à 560.
GUIBAL. Note sur la marche des bateaux à vapeur en courbe, p. 346 à 377.

H

HAUT PERSONNEL du service des mines (Liste chronologique du). p. 61 à 68.

I

IRRIGATIONS (Influence des) sur l'altitude d'une nappe souterraine, avec application aux irrigations pratiquées à Gennevilliers : Note par M. Bazaine, p. 34.

J

JAUGEAGE des cours d'eau rapides et profonds : Note par M. de Lagrené, p. 219.

L

LAGRENÉ (de). Mention honorable pour sa note sur la poussée des terres avec ou sans surcharges, p. 91.
 — Note sur la mesure des vitesses et des débits dans un cours d'eau rapide et profond, p. 219 à 246.
 — Etude sur la situation physique et morale des ouvriers des grands chantiers, p. 315 à 345.
LAVOLLEE. Note sur les ouvrages mobiles des barrages de la haute Seine, p. 622 à 649.
LECHALAS (G.). Les Ponts et Chaussées dans la Généralité de Rouen, avant 1789, p. 673. (*Chr.*).
LEMOINE (G.). Prix *Dalmont*, p. 561. (*Chr.*).
LIÉBEAUX (G.). Médaille d'or de 300 francs pour sa note sur les fondations à l'air libre et à l'air comprimé, p. 91.

M

MARCHE des bateaux à vapeur en courbe. Note par M. Guibal, p. 346.
MATÉRIAUX d'empierrement (Qualité des) : Notes par M. Menche de Loisne, p. 5 et 671.
MÉDAILLES décernées aux auteurs des meilleurs mémoires publiés dans les *Annales* en 1881, p. 91.
MENCHE DE LOISNE. Note sur la qualité des matériaux d'empierrement de provenance extérieure employés dans le département de l'Aisne, p. 5 à 16. — Note complémentaire, p. 671.
MENGIN. Note sur la jonction des caissons dans les fondations à l'air comprimé, p. 17 à 25.
MERCADIER. Paroles prononcées aux obsèques de M. Bresse, p. 657.

N

NÉCROLOGIE. Notice sur M. Ch. Didion, par M. Noblemaire, p. 413.
 — Paroles prononcées sur la tombe de M. Bresse, par MM. Tarbé de Saint-Hardouin, de Fourcy, Phillips et Mercadier, p. 650.
NOBLEMAIRE. Notice nécrologique sur M. Charles Didion, p. 413 à 439.

O

Ouvriers des grands chantiers (Situation physique et morale des) : Etude p. M. de Lagrené, p. 315.

P

PANNEAUX des voûtes biaises (Calcul et tracé des) : Note par M. Fortet, p. 26.

PHILLIPS. Paroles prononcées aux obsèques de M. Bresse, p. 650.

PONTS ET CHAUSSÉES (Les) dans la Généralité de Rouen, avant 1789, p. 673 (*Chr.*).

PONTS MÉTALLIQUES du chemin de fer de grande ceinture de Paris : Note par M. Geoffroy, p. 440.

— (Effets des charges roulantes sur les) : Note par M. Résal, p. 277.

PORTÉE des sons (Mémoire sur la) et sur les caractères à attribuer aux signaux sonores ; par M. E. Allard, p. 567.

PRIX décernés aux auteurs des meilleurs mémoires publiés dans les *Annales*, en 1881, p. 91.

R

RENOUT (V.). Note sur la restauration du radier de l'écluse Notre-Dame, au port du Havre, p. 378 à 397.

RÉSAL. Effets des charges roulantes sur les ponts métalliques, p. 277 à 299.

ROUE HYDRAULIQUE en dessus à mouvement direct et sur son application aux distributions d'eau de villes : Notice par M. Duponchel, p. 247.

S

SÉJOURNÉ. Notice sur les fondations à l'air comprimé d'un pont sur la Garonne à Marmande, p. 92 à 198.

STATISTIQUE (Prix de) décerné à M. Cheysson, p. 561 (*Chr.*).

T

TARBÉ DE SAINT-HARDOUIN. Le Corps des Ponts et Chaussées et l'Institut, p. 69 et 312.

— Paroles prononcées aux obsèques de M. Bresse, p. 650.

TOURNADRE (de). Médaille d'or de 600 francs pour sa notice sur le canal du Verdon, 91.

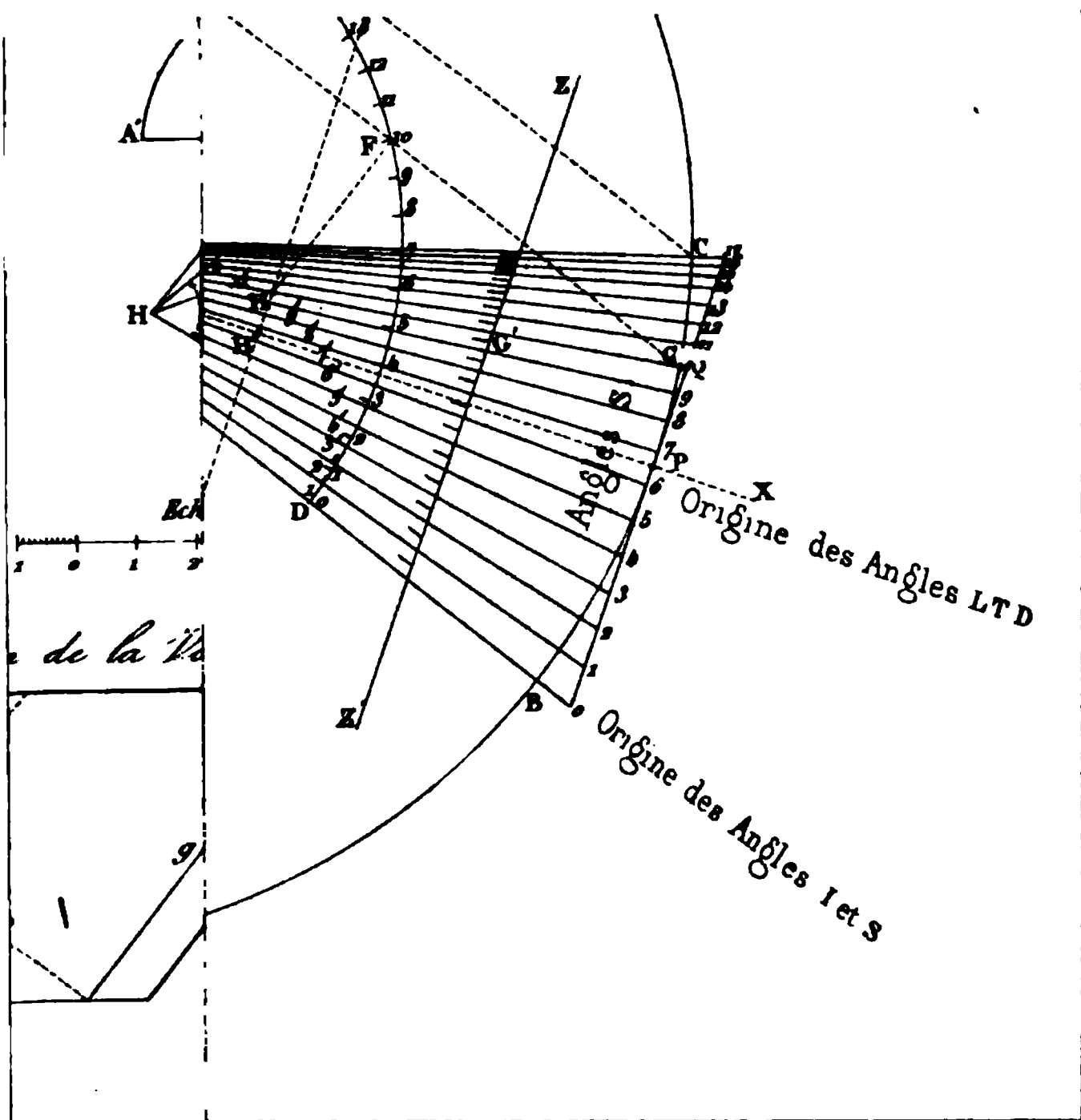
TRAMWAYS. Résultats comparatifs de leur exploitation pendant les années 1881-1882, p. 670 bis.

V

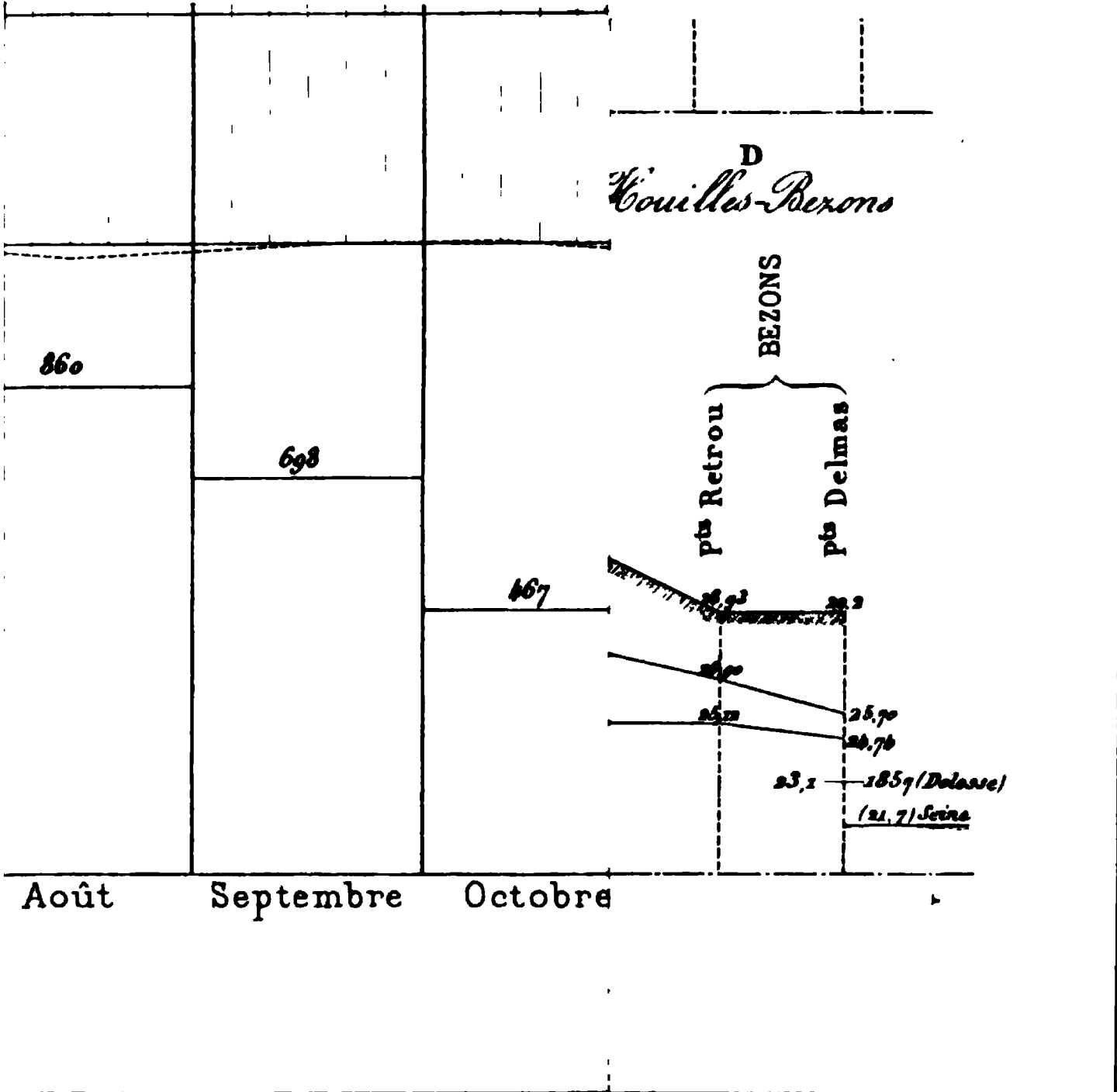
VIGAN. Mention honorable pour son étude sur la Méditerranée, p. 91.

VITESSES et des débits (Mesure des) dans un cours d'eau rapide et profond ; Note par M. de Lagrené, p. 219.

VOÛTES biaises (Calcul et tracé des panneaux des) : Note par M. Fortet, p. 26.



Gravé par B. Pérot

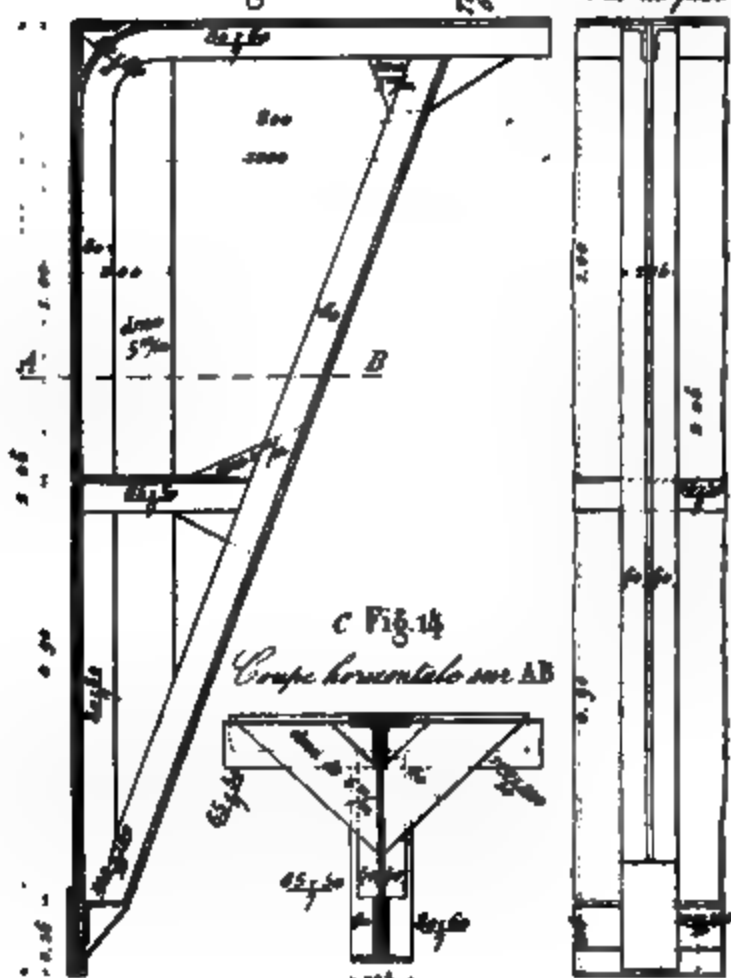


Gravé par B. Pérot

d'une p
 l'ovation d

c Fig 11 Elevation

c Fig 12
 Vue de face



c Fig 13
 Coupe horizontale sur AB

Echelle 1/20 de 0 m 10 p 1 m

0 m 00 p 1 m
 0 m 05 p 1 m
 0 m 10 p 1 m
 0 m 15 p 1 m
 0 m 20 p 1 m
 0 m 25 p 1 m
 0 m 30 p 1 m
 0 m 35 p 1 m
 0 m 40 p 1 m
 0 m 45 p 1 m
 0 m 50 p 1 m
 0 m 55 p 1 m
 0 m 60 p 1 m
 0 m 65 p 1 m
 0 m 70 p 1 m
 0 m 75 p 1 m
 0 m 80 p 1 m
 0 m 85 p 1 m
 0 m 90 p 1 m
 0 m 95 p 1 m
 1 m 00 p 1 m

20 30 40 50 60 70 80

de Heinsdorf sur l'Elle 18 $\frac{16}{17}$

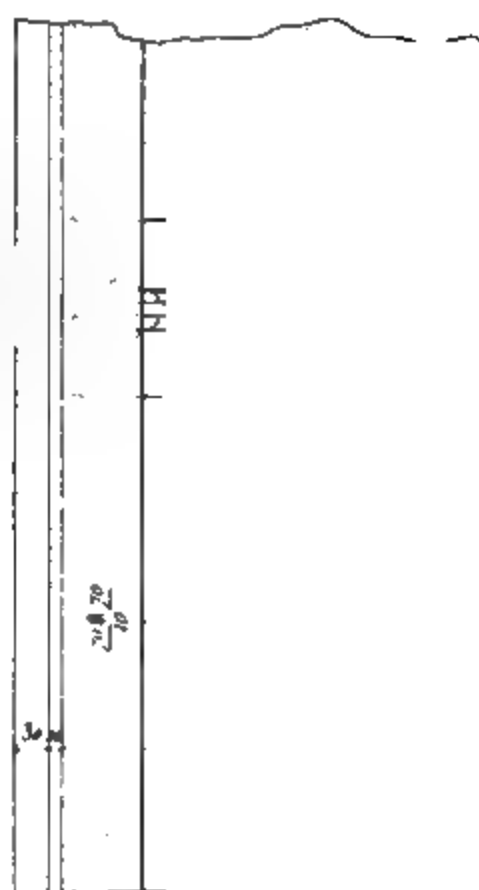
a toutes les

Fig. 3. Fondations des 2 dernières piles en ruine



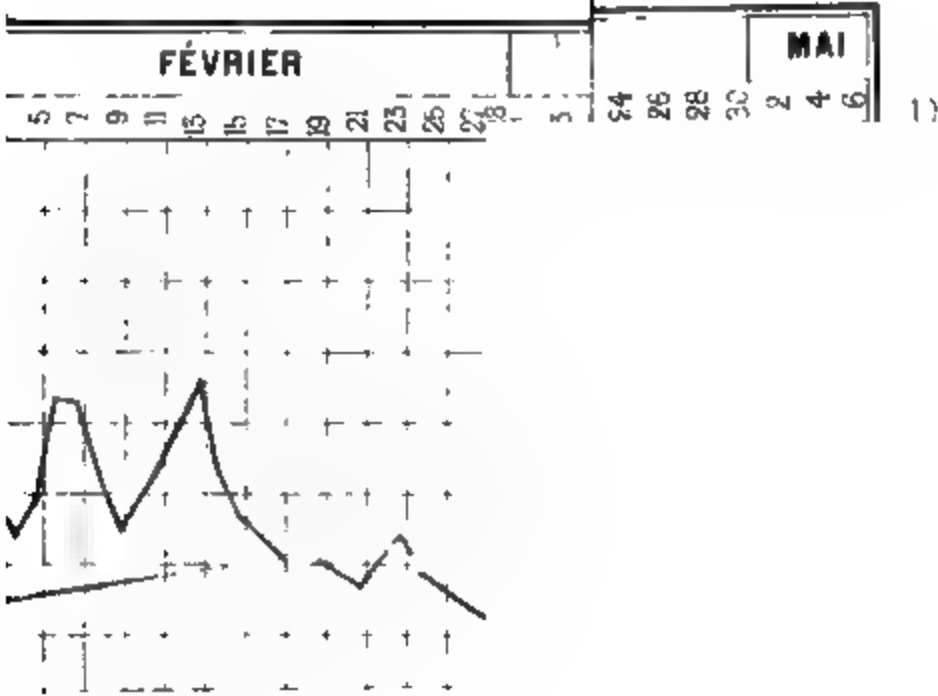
*L'hambre d'une pèle
supr en l'ong*

Fig 10. *L'levation*



FONÇAGES

1883 Pl.7



FONÇAGES

1883 Pl.7

1)

9

8

7

6

5

4

3

2

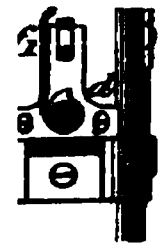


Fig 18.

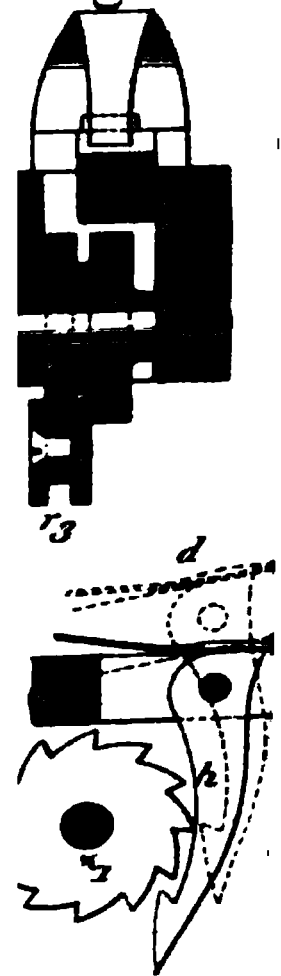
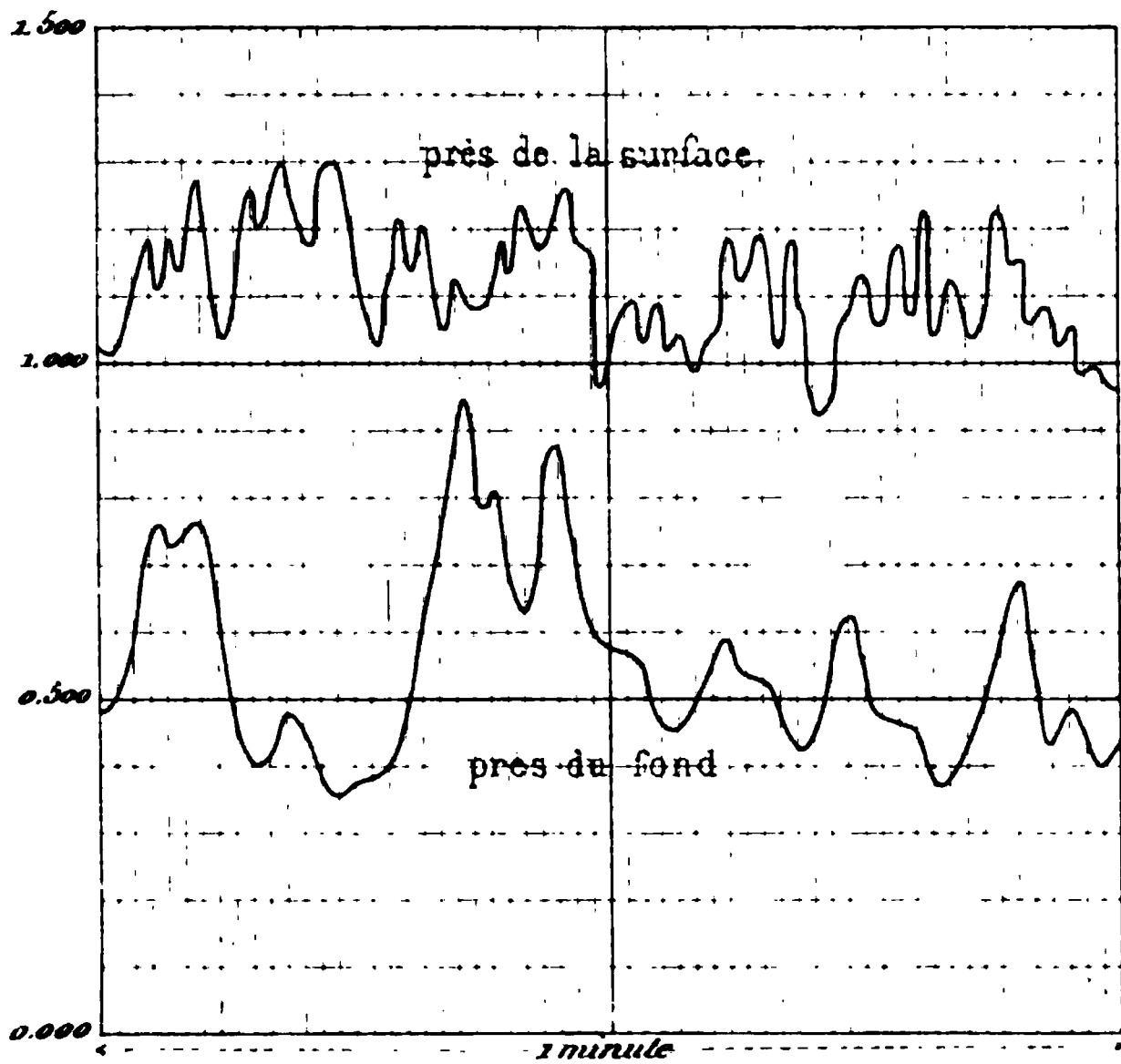


Fig 21.



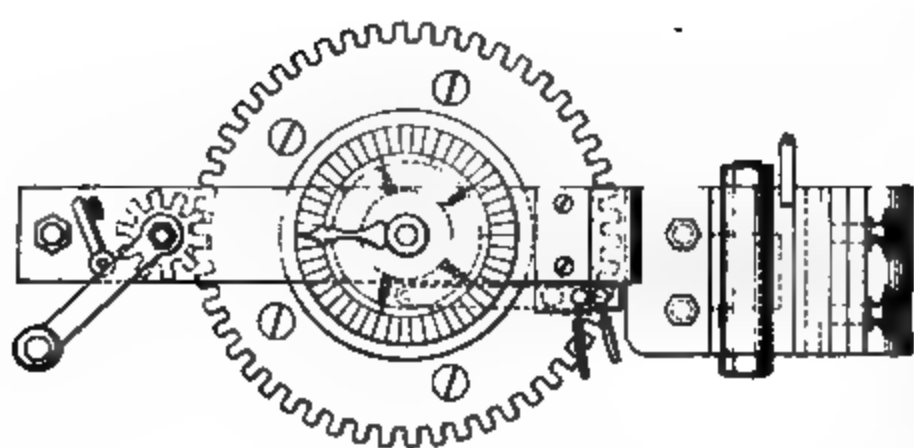
B de 0.20 p

Echelle C de 0.60 pour 1 mètre.

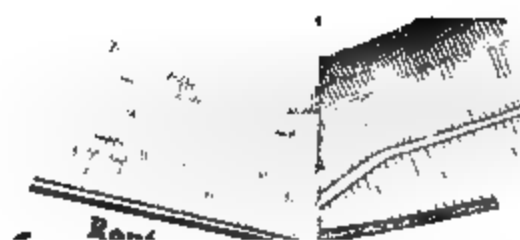
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Gravé par E. Pérot.

C Fig 14.



Grave par E. Perot



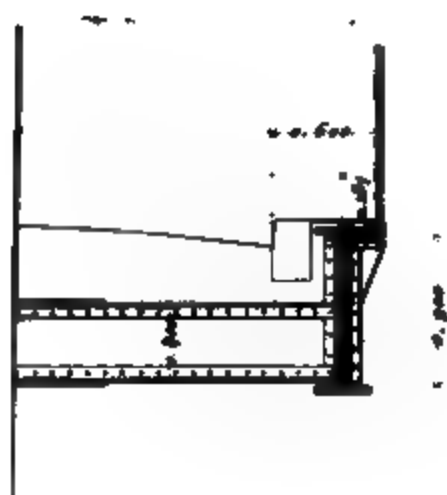
(Côté de Cette)



Gravé par H. Pélrot

(B)

Grazed per 16 Pkys



Disegnato per E. Perot

1
:

1

B. 250

1

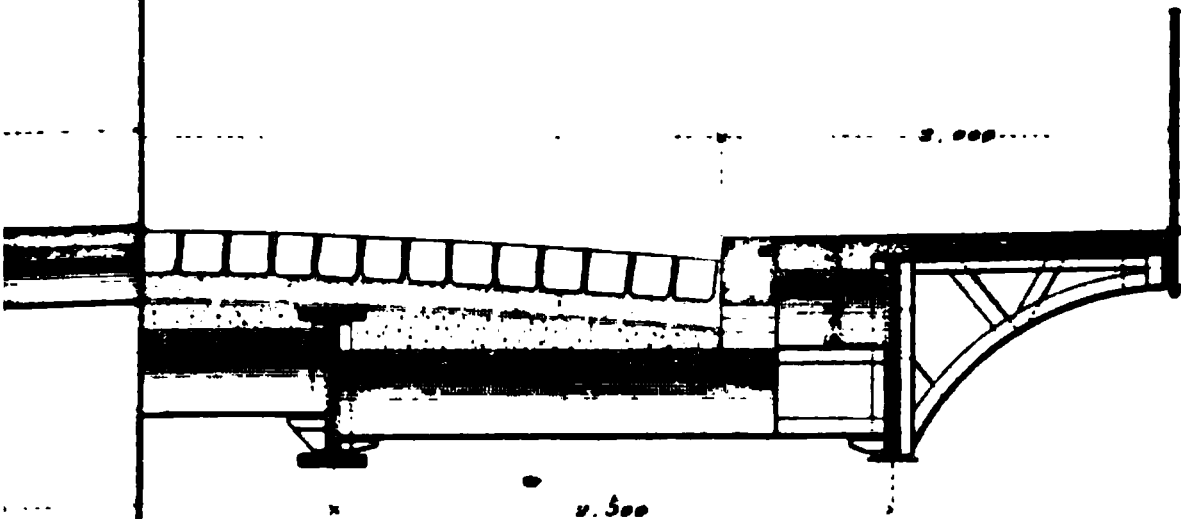
1





Gravé par H. Pirat

noversale

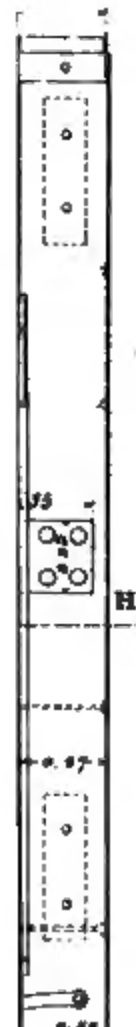


transversales 0^m015 pour 1^m

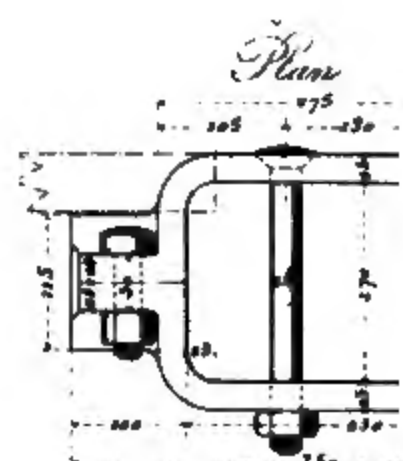
4 6 8 m

Gravé par E Perot

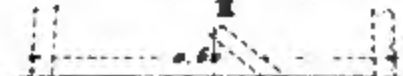
3. Détails d'un
et Coupe sur



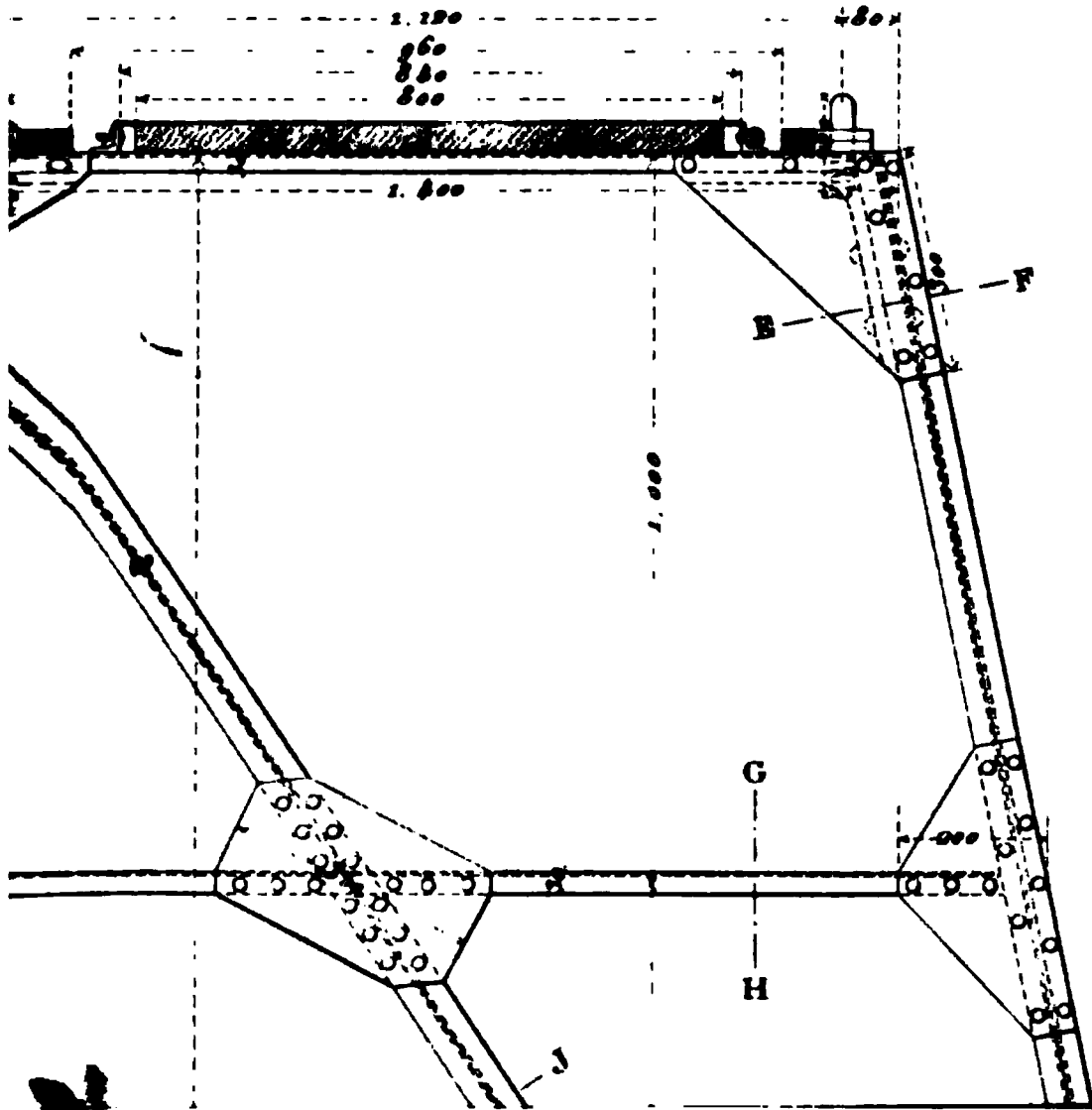
c Fig. 4 Détails d'un
Elevation latérale



5. Détails d'un coin
Elevation d'avant



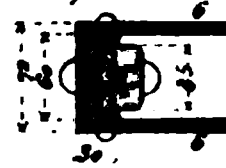
Élévation d'une fermelle de déversoir



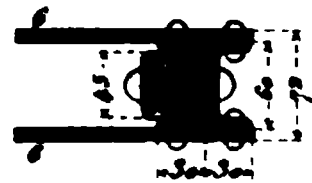
D Fig. 4

Coupes en travers d'une fermelle

Coupe sur CD



Coupe sur EF



Coupe sur GH



Coupe sur IJ



